

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение

Отделение контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование качества очистки воды полимерными волокнистыми сорбентами с помощью спектрофотометрического метода

УДК 628.161.3:677.494.7:543.422.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Никитина Анастасия Ильинична		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОКД	Гальцева О.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН	Данков А.Г.	к.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОКД	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК- 1, ОПК-3, ПК-12, ПК-16, ПК-17, ПК-18, ПК-22),), СУОС ТПУ (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ПК-6, ПК -8, ПК-16, ПК-18, ПК-19, ПК-20), СУОС ТПУ (УК-2, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
РЗ	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требования информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-4, ПК-17, ПК-19), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-15, ПК-17), СУОС ТПУ (УК-1), Критерий 5 АИОР (п.1.1, п.1.2, п.1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-9, ПК-11, ПК-17), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п.1.3, п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
P6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-18, ПК-20, ПК-21, ПК-22), СУОС ТПУ (УК-1), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5),

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п.1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
Р7	Разрабатывать и внедрять энерго-и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-8, ПК-10. ПК- 11, ПК-12, ПК-14, ПК-21), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5. 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования)

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) Приборостроение (ИИТ)

Отделение школы (НОЦ) Контроль и диагностика

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6Б	Никитина Анастасия Ильинична

Тема работы:

Исследование качества очистки воды полимерными волокнистыми сорбентами с помощью спектрофотометрического метода

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектами исследования являются модельные растворы соли железа (III), в концентрации железа 10 мг /л, а предметом исследования - спектрофотометрическое определение железа сульфосалициловым методом.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Подготовка литературного обзора по методам и средствам контроля качества очистки воды. Проведение исследований по обезжелезиванию воды с применением сорбента СБС-2, с целью контроля качества очищенной воды спектрофотометрическим методом анализа. Разработка дополнительных разделов: - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - социальная ответственность. Заключение по работе.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2007</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Анализ методов и средств контроля качества очистки воды	Гальцева О. В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков А.Г.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение

1 Обзор литературы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения контроля и диагностики	Гальцева Ольга Валерьевна	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Никитина Анастасия Ильинична		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) Приборостроение (ИИТ)
Уровень образования магистратура
Отделение школы (НОЦ) отделения контроля и диагностики
Период выполнения 2016-2018 года обучения

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.12.2016	Обзор литературы/теоретическая часть	...
30.04.2017	ВВЕДЕНИЕ	...
15.10.2017	Обзор литературы/ редактирование	
20.11.2017	Список литературы	
15.02.2018	Анализ методов и средств контроля качества очистки воды / исследования	
30.03.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
30.04.2018	Социальная ответственность	
15.05.2018	Заключение	
25.05.2018	Приложение А/Английская часть	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения контроля и диагностики	Гальцева Ольга Валерьевна	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Г.В.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страницы, 12 рисунков, 18 таблицы, 89 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: спектрофотометр, очистка воды, полипропиленовое волокно, качество, методы.

Цель исследований: анализ методов и средств контроля качества очистки воды, проведение исследования по обезжелезиванию воды с применением сорбента СБС-2 (№4м) и модифицированного гидроксидом железа сорбента СБС-2 (№4м) с контролем качества очищенной воды спектрофотометрическим методом.

Изучен спектрофотометрический метод анализа качества очищенной воды. Приведены методы контроля содержания различных веществ в воде.

Проведены эксперименты по определению оптимальной высоты слоя фильтрующей волокнистой загрузки, степени очистки воды от ионов железа в зависимости от объёма, пропущенного через колонку раствора через сорбент СБС-2 (№4м) и модифицированный сорбент СБС-2 (№4м), изготовленный из полипропилена марки РР Н030-GR, данный полимер разрешен для применения в пищевой промышленности.

Показано, что фильтрующий материал эффективно очищает воду от железа. По результатам анализа концентрация железа после фильтра с полипропиленовым волокном ниже ПДК (0,3 мг/л).

Область применения: металлургические и химические предприятия, предприятия по водоподготовке и очистки воды.

Надежность, точность определения загрязняющих веществ и простота эксплуатации характеризуют применение спектрофотометрического метода анализа и спектрофотометра ПЭ-5300ВИ. Это позволяет сократить расходы на проведение анализа по определению содержания железа в воде.

Оглавление

Введение	11
1 Обзор литературы	12
1.1 Оценка качества воды	12
1.2 Обезжелезование воды	16
1.3 Фильтрующие материалы	21
1.4 Методы измерения качества очистки воды	23
1.4.1 Титрометрический метод	24
1.4.2 Потенциометрический метод	26
1.4.3 Флуориметрический метод	28
1.4.4 Спектрофотометрический метод	31
2 Объекты и методы исследований	36
2.1 Методика проведения эксперимента	40
3 Экспериментальное исследование процессов очистки воды	42
3.1 Приготовление 20% раствора сульфосалициловой кислоты	42
3.2 Приготовление 2Н раствора хлористого аммония	42
3.3 Приготовление раствора аммиака (1:1)	42
3.4 Приготовление модельного раствора соли железа (III)	43
3.5 Технологические исследования по оценке возможности использования волокон из вторичного ПП в практике водоочистки	44
4 Социальная ответственность	52
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
Заключение	87
Список используемых источников	89
Приложение А Water quality assessment	97
Приложение Б Данные для оценки научно-технического уровня	112

Введение

Вода - химическое соединение двух атомов водорода и одного атома кислорода – но тем не менее является, основой жизни на Земле. Да и одним из основных доказательств наличия жизни на других планетах, ученые берут за опору наличие воды.

Мы постоянно взаимодействуем с водой — используем её во всех отраслях: пищевой, промышленной, сельскохозяйственной и др. Именно поэтому качество воды настолько важно для нас — даже относительно небольшое количество вредных примесей может нанести большой ущерб здоровью. Определить чистоту Воды на глаз невозможно, потому что многие вредные вещества, растворенные в ней, совершенно невидимы. Чтобы не сомневаться в качестве воды, необходимо проводить экспертизу. Именно поэтому контроль качества воды приобретает особую актуальность.

Показатели качества воды можно разделить на основные группы [1]:

- органолептические показатели, к ним относят запах, цвет, привкус и мутность воды;
- химические показатели, где учитывается водородный показатель концентрации в воде ионов, а также ее жесткость;
- бактериологические показатели, во внимание берется микробное число, количество микроорганизмов на 1 мл воды (не более 100);
- химические показатели, количество химических макро- и микроэлементов в воде.

На производстве качество воды играет большую роль на финальный результат. Поэтому очень важно проводить очистку воды и дальнейшую проверку очищенной воды на присутствие примесей, заботясь о качестве конечного результата продукта и в более масштабном смысле о Человечестве.

1 Обзор литературы

Вода – основа всей органической жизни, без которой невозможно ни существование человека, ни развития человечества в целом.

На протяжении всего времени существования человека присутствовала проблема питьевого водоснабжения, которая затрагивает почти все стороны жизни. И по настоящее время эта проблема становится глобальной. На питьевые и бытовые потребности населения расходуется порядка 5% от всего водопотребления. Подачу такого количества воды нетрудно обеспечить, но качество воды для конкретного использования разная. Поэтому качество воды должно удовлетворяться определенным требованиям. Так, например, для использования в промышленности, качество воды желательно проверять непосредственно на самом производстве, в зависимости от дальнейшего потребления.

Данная тема, безусловно, актуальна, и будет актуальной всегда. Она затрагивает наше повседневное существование, влияет на здоровье нашего организма, поэтому, несомненно, заслуживает нашего внимания.

1.1 Оценка качества воды

Проверку качества воды систематически производят государственные институты стандартизации и контроля. Но даже производимую проверку качества питьевой воды, которая течет из-под крана, оставляет желать лучшего, а требования к качеству питьевой воды, к сожалению, выполняются не в полной мере.

Производственный контроль питьевой воды выполняется согласно общим требованиям:

1. Осуществление производственного надзора возлагается на представителей организации, занимающихся изготовлением воды. Они должны

точно следовать пунктам программы надзора. Контроль ведётся посредством анализов проб воды, взятых на различных этапах производственного процесса.

2. Количество и ёмкость проб нормируются пунктами программы.
3. Основные показатели для проверки питьевой водной среды, число анализов (указано в технической документации).
4. Повышенный производственный надзор проводится при возникновении критической ситуации.
5. При этом производственный контроль осуществляется по нескольким группам обязательных показателей (по органолептике, по микробиологии) .
6. Анализы проб воды могут выполняться либо в государственных лабораториях, либо в аккредитованных, лицензированных независимых организациях.
7. Допускается применять только разрешённые методики исследований образцов.

Производственный контроль качества питьевой воды составляется и осуществляется организацией, ответственной за производство жидкости для питьевых нужд населения. В документе должен быть указан список компонентов, по которым проверяется состав питьевой водной среды. При этом в перечне должны присутствовать компоненты из таких групп (таб.1.):

- органолептическая группа показателей (оценка по вкусовым характеристикам, прозрачности, запаху и цветности);
- группа микробиологических данных;
- компоненты химической группы;
- показатели радиологии и паразитологии.

Таблица 1 – Основные показатели качества воды

Показатель	Единицы измерения	Норматив
<i>Органолептические</i>		
Запах	Баллы	Не более 2-3
Привкус	Баллы	Не более 2-3
Цветность	Градус платино-кобальтовой шкалы	Не более 30
Мутность	мл/л (по коалину)	В пределах 1,5-2,0
	ЕМФ (единица мутности по формалину)	В пределах 2,6-3,5
<i>Химические</i>		
Водородный показатель	Ед. рН	В пределах 6-9
Жесткость общая	мг*экв/л	В пределах 7-10
Нитраты (NO_3^-)	мл/л	Не более 45
Общая минерализация (сухой остаток)	мл/л	В пределах 1000-1500
Окисляемость перманганатная	мл/л	В пределах 5-7
Сульфаты (SO_4^{2-})	мл/л	Не более 500
Хлориды (Cl^-)	мл/л	Не более 350

В программе строго оговариваются методики, разрешённые для оценки показателей водной среды. При производственном надзоре качества водной среды все результаты исследований фиксируются и подвергаются анализу. О результатах проведённых анализов органы проверки должны оповещаться своевременно. Все пункты контроля на производстве согласовываются и утверждаются в органах госнадзора в обязательном порядке.

Важным фактором охраны здоровья населения является обеспечение его

доброкачественной питьевой водой, полноценное и безопасное водопользование населения является важным условием благоустройства населенных мест.

В связи с этим пренебрежение к соблюдению требований по доведению качества потребляемой населением воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды, недостаточное внедрение в практику водоснабжения новых, экономически целесообразных (особенно в настоящее время) способов водоподготовки как на централизованных, так и децентрализованных системах водоснабжения создает угрозу воздействия на население токсических веществ и приводит к росту числа заболеваний, связанных с употреблением воды, не соответствующей гигиеническим нормам.

Приведенные положения справедливы и для Томской области, так как действующие здесь системы водоснабжения населения находится в неудовлетворительном состоянии по причине отсутствия необходимого комплекса очистных сооружений для обеззараживания и очистки воды и, как следствие, использование потребителями водопроводной воды не отвечающей установленным требованиям. По этой причине, а также из-за природного состава подземных вод в структуре нестандартных проб по санитарно-химическим показателям преобладает железо (30,6%) и марганец (21,7%), относящихся к воде палеогеновых и палеозойских водоносных горизонтов.

Высокий процент нестандартных проб по содержанию аммиака (7,6%), жесткости (12,7%), запаху (22,6%) и другим органолептическим показателям связано с водами неоген-четвертичных отложений [2]. В целом структура нестандартных проб подземной питьевой воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд по химическим показателям, представлена на рисунке 1.

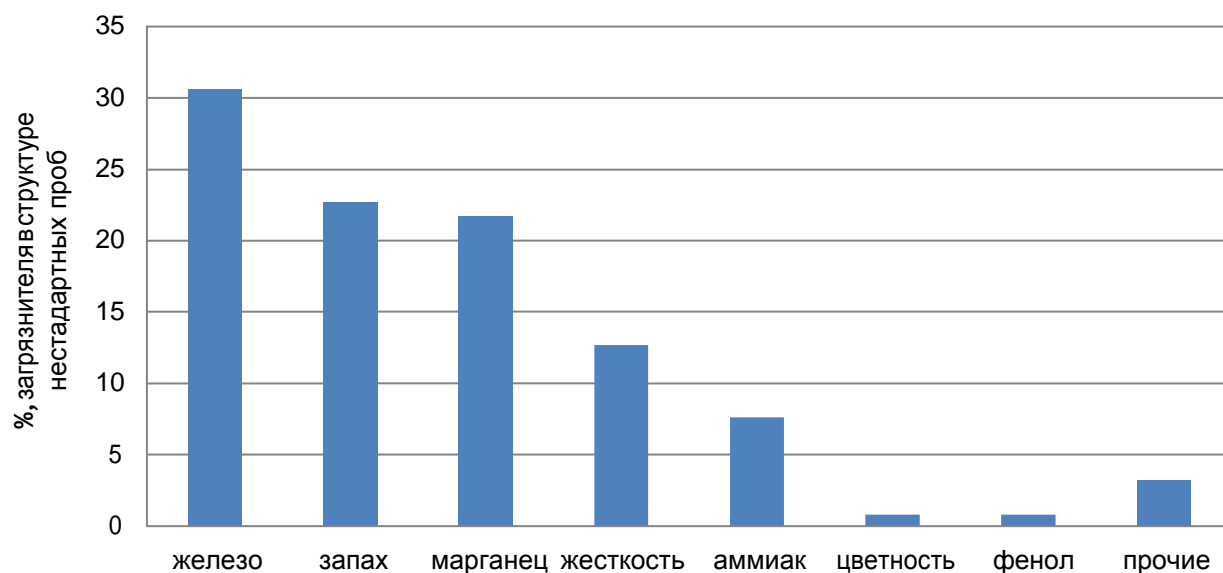


Рисунок 1. Структура химических показателей воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд в районах Томской области

Как видно из рисунка 1 в структуре нестандартных проб, в районах Томской области, преобладает железо, поэтому задача по обезжелезиванию воды, используемой на хозяйственно-питьевые и производственные нужды, является актуальной.

Одним из путей решения обозначенной проблемы является очистка воды с использованием волокнистого материала из термопластов в качестве фильтрующего материала.

1.1. Обезжелезивание воды

Водоподготовка – комплекс технических процессов обработки и очистки воды для приведения её качества в соответствие с требованиями потребителей.

Основные процессы водоподготовки: осветление, обеззараживание, стабилизация, умягчение, опреснение, обессоливание, дегазация, обескремневание, а также обезжелезивание [3].

При содержании железа более 1 мг/л вода приобретает бурый цвет, железистый привкус, соединения железа и железобактерий отлагаются в трубопроводах и уменьшают их пропускное сечение.

Для обезжелезивания воды применяют сооружения, называемые обезжелезивающими установками. Применявшиеся до последнего времени установки состояли из сооружений для предварительного окисления Fe^{+2} с последующим отстаиванием гидроокиси железа и отделением её на песчаных фильтрах [3].

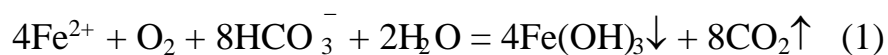
Железо в природных водах встречается в виде двух- и трехвалентных ионов, а также в виде органических и неорганических соединений, находящихся в коллоидном состоянии, или в виде тонкодисперсных взвесей (гидроксидов, сульфидов, органических комплексов и др.). В поверхностных водах железо содержится, главным образом, в органических комплексах (гуматы), а так же в виде коллоидных и тонкодисперсных взвесей. В подземных водах при отсутствии растворенного кислорода оно обычно находится в виде двухвалентных ионов. Железо из природных вод удаляют методами фильтрования на зернистых загрузках, которые, по данным Г.И. Николадзе, разделяются на безреагентные (физические) и реагентные [4].

К безреагентным методам относятся: упрощенная аэрация с последующим фильтрованием; аэрация с последующим отстаиванием и фильтрованием; электрокоагуляция; двойная аэрация, обработка в слое взвешенного осадка и фильтрование; фильтрование в подземных условиях с предварительной подачей в пласт окисленной воды.

К реагентным методам относятся: напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием; известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование; аэрация, окисление, известкование, коагулирование, флокулирование с последующим отстаиванием или обработкой в слое взвешенного осадка и фильтрованием; фильтрование через модифицированную загрузку; катионирование. При обезжелезивании подземных вод чаще всего применяют аэрирование, а для поверхностных вод – коагулирование сульфатом алюминия с предварительным хлорированием, известкованием и отстаиванием. Стандартные (типовые) методы очистки природных вод, в том числе и от железа достаточно подробно описаны в [3,5].

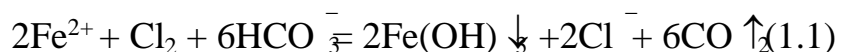
При значениях $pH < 4,5$ железо находится в воде в виде ионов Fe^{3+} , Fe^{2+} и $Fe(OH)^{2+}$. Повышение значения pH приводит к окислению железа (II) в железо (III), которое выпадает в осадок. В восстановительной среде в присутствии карбонатов и при $pH > 8,4$ возможно выделение карбонатов, а при $pH > 10,3$ – гидроксида железа (II).

При наличии катализаторов - растворенных в обрабатываемой воде ионов меди, марганца или фосфат иона, а так же при контакте воды с оксидами марганца или с ранее выпавшим гидроксидом железа (III) скорость окисления железа (II) значительно вырастает. С повышением значения pH среды время, затрачиваемое на окисление соединений железа (II), значительно возрастает. Окисление железа (II) кислородом воздуха происходит по реакции:



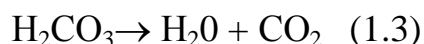
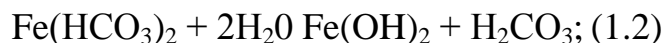
На окисление 1 мг железа (II) расходуется 0,143 мг растворенного в воде кислорода; щелочность воды при этом снижается на 0,036 мг-экв/л.

Скорость окисления соединений железа (II) значительно возрастает при хлорировании воды (нормальный окислительно-восстановительный потенциал хлора $E_h = 1,36$ В). Соединения железа (II) в присутствии гидрокарбонатов природных вод полностью гидролизуются по реакции:

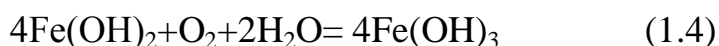


На окисление 1 мг железа (II) расходуется 0,64 мг хлора; щелочность воды при этом снижается на 0,018 мг-экв/л.

Обезжелезивание воды методом упрощенной аэрации применяется для вод имеющих pH не менее 6,8, содержание общего железа до 10 мг/л (в том числе двухвалентного не менее 70 %), сероводорода не более 0,5 мг/л, щелочность более $(1 + Fe^{3+} / 28)$ мг-экв/л. Аэрированием из воды удаляется гидрокарбонат железа, являющийся непрочным соединением и легко гидролизующийся в воде:



Образующийся гидроксид железа (II) окисляется кислородом воздуха в гидроксид железа (III):



Кроме насыщения обрабатываемой воды, аэрирование способствует удалению из неё CO_2 [3].

При фильтровании воды, после упрощенной аэрации через зернистые загрузки, на поверхности зерен образуется каталитическая пленка, состоящая в основном из гидроксида трехвалентного железа. Удаление железа из воды в зернистой загрузке представляет собой гетерогенный автокаталитический процесс. В результате этого процесса пленка, выполняющая функцию катализатора, непрерывно обновляется при работе фильтра. Пленка образуется и действует только при наличии в воде кислорода.

Для обеспечения нормальной кинетики окисления железа двухвалентного необходимо, чтобы содержание кислорода в воде в 4–6 раз превышало значение соотношения концентрация железа (II): 0,6 – 0,9 мг/л. В самом начале работы фильтра одновременно с образованием пленки происходит зарядка загрузки, продолжительность которой в зависимости от качества воды, параметров загрузки и скорости фильтрации составляет от 30 - 40 ч до нескольких суток. После окончания зарядки загрузки достигается полный и стабильный эффект обезжелезивания [6].

При применении щебеночной загрузки скорость фильтрования возрастает и фильтроцикл возрастает в 3 - 6 раз по сравнению с фильтрованием через песок. Это объясняется тем, что порозность в фильтрующем слое щебня значительно больше, чем в слое песка и, следовательно, больше грязеемкость. Фильтры загружают на высоту 2,1 метра однородной отмытой и отсортированной фракцией щебня диаметром 5 - 10 мм. Высота поддерживающего слоя (диаметр фракций 15 - 20 мм) составляет 0,4 м. Скорость фильтрования при нормальном режиме 15 - 20, при форсированном - до 35 м/ч. Промывка фильтра водовоздушная. Промытую воду подают с интенсивностью 16 л/(с·м²), воздух 24 - 30 л/(с·м²). Расход воды на промывку

составляет 1,2 % производительности установки, фильтроцикл щебеночных фильтров 2 - 5 суток.

Проблема обезжелезивания воды стоит крайне остро не только для Томской области, но и всей Сибири. Практически только в крупных городах и поселках имеются системы централизованного водоснабжения, снабженные оборудованием для водоподготовки с обезжелезиванием и обеззараживанием воды. Стандартные типовые станции обезжелезивания воды достаточно дороги, достаточно высокие капитальные вложения на создание таких станций обезжелезивания воды, и это обуславливает в первую очередь существование проблемы обезжелезивания.

1.2 Фильтрующие материалы

При выборе загрузки предпочтение отдаётся материалам, имеющим более развитую удельную поверхность зёрен, большую межзерновую пористость, плотную загрузку, механически и химически стойким, дешёвым. Единого официального документа, регламентирующего комплекс требований к фильтрующим материалам, нет.

Наиболее часто применяется следующий набор фильтрующих материалов: кварцевый песок, антрацитовая крошка, керамзит и другие.

Кварцевый речной песок – фильтрующий материал, применяемый наиболее широко. Для целей водоочистки используется лишь незначительная часть добываемого в стране песка.

Керамзит – гранулированный пористый материал, получаемый обжигом глинистого сырья. Его сильно развитая поверхность зерна, очень большая межзерновая пористость обуславливает более высокую грязеёмкость, чем у антрацитовой крошки. Но так как не является повсеместно распространённым материалом и отсутствие централизованной заготовки сдерживает его применение.

Шунгезит – гранулированный пористый материал. Это осадочная горная порода встречающаяся только на территории Карелии.

Металлургические шлаки (к ним относятся искусственные силикаты, образующиеся в металлургических печах при плавлении металла). При быстром охлаждении шлакового расплава он превращается в гранулированный шлак, состоящий из зёрен стекловидной формы. Плотность его и зерновой состав близки к оптимальному для использования его в осветлителях [5]. Используется на коммунальных водопроводах в тех местностях, где имеются большие металлургические комбинаты.

Активные угли иногда используются в качестве загрузки водоочистных осветительных фильтров. Но активный уголь, приготовляемый централизованно, является весьма дорогим.

Капрон, полистирол и другие зернистые материалы могут использоваться в различных фильтровальных аппаратах в комбинации с другими фильтрующими материалами или отдельно. Они имеют высокую механическую прочность, легки, но дефицитны и дороги, поэтому в отечественной практике не получили широкого применения [5].

Учитывая указанные недостатки, ведутся работы по поиску новых фильтрующих материалов. Одним из путей решения обозначенной проблемы является очистка воды с использованием волокнистого материала из термопластов в качестве фильтрующего материала, предлагаемый группой разработчиков [7,8,9].

Преимуществом полимерных волокнистых сорбентов СБС-2 произведенных по предлагаемой технологии является многократность их применения, сорбционная ёмкость достаточно высока и не снижается при многократных циклах регенерации, что, например, позволяет уменьшить безвозвратные потери нефти при ликвидации аварийных разливов, более высокая плавучесть и, удобность нанесения на поверхность, длительные сроки хранения без снижения сорбционных свойств, возможность изготовления практически из любых термопластов в любой форме (салфетки, полотно нетканое, рыхлая ватообразная масса), возможность придания волокнистому сорбенту любой геометрической формы, широкая область применения полученных волокнистых материалов. В процессе изготовления сорбентам могут быть приданы специальные свойства.

Выпускаемые сорбенты могут изготавливаться практически любого диаметра, индивидуально для каждого случая водоподготовки (в зависимости от производительности, загрязнителей и т.д.)

Для справки, партия в 100 кг сорбента- занимает объём 1,5-2,5 м³ в зависимости от марки сорбента, сорбент упаковывается в полиэтиленовые мешки масса одного мешка - 5 кг, что выгодно отличает сорбент СБС-2 от песчаной загрузки - **вес 1 кубического метра** горного и речного песка составляет 1500-1580 килограммов.

1.3 Методы измерения качества очистки воды

Процедура контроля воды на производственных и промышленных предприятиях начинается с мероприятий по выявлению и подсчету количества содержащихся в используемой воде различных компонентов и соединений. Благодаря современным методикам анализа воды можно с высокой точностью идентифицировать вещество в составе образца, а так же его объем на единицу массы. Все тесты проводятся в лабораторных условиях при помощи специального оборудования, химических реагентов и препаратов.

Существуют государственные стандарты (ГОСТы), в которых регламентируют, каким методом, каким оборудованием, и какое химическое вещество необходимо поверить. Множество загрязнителей в воде можно обнаружить разными способами, на разном оборудовании. Тем не менее, различные методы анализа дают разную погрешность, некоторые из методик могут и вовсе не учитывать различные, влияющие на результат, факторы.

Для проверки качества воды в главном испытательном центре питьевой воды (ГИЦ ПВ) применяют следующие методы анализа воды [1]:

- титрометрия
- флюорометрия
- фотометрия и пламенная фотометрия
- потенциометрия
- кондуктометрия
- спектрофотометрия
- турбидиметрия
- нефелометрия
- газовая хроматография

1.1.1 Титрометрический метод

Титрометрический анализ относится к количественному химическому методу анализа, в основе которого точное измерение объема раствора (титранта), вступающего в реакцию с определяемым веществом[2].

Титрованием называют процесс постепенного добавления раствора титранта к раствору анализируемого вещества. Точкой эквивалентности называют момент, когда раствор (титрант) добавили в анализируемый раствор в количестве, которое химически эквивалентно определяемому веществу. Для того чтобы определить этот момент, необходимо в исследуемый раствор добавить индикатор. Как только окрас индикатора меняется, тогда реакция между определяемым веществом и титрантом закончилась.

Процесс титрования будет более точным в том случае, когда точка эквивалентности будет совпадать с точкой конца титрования. Различие между точкой эквивалентности и точкой конца титрования объясняет индикаторную погрешность титрования. При достижении точки конца титрования, добавление титранта прекращается. В зависимости от затраченного объема титранта и его концентрации вычисляют результаты анализа.

Состояние системы, в тот момент, когда количество определяемого вещества равно количеству добавленного титранта, называется точкой эквивалентности, или теоретической точкой конца титрования. Для регистрации точки эквивалентности применяют различные индикаторы или инструментальные методы. Резкое изменение окраски индикатора, говорит о завершении процесса титрования (критическая точка), что не всегда совпадает с точкой эквивалентности.

Для того, чтобы реакция титрования проходила успешно, необходимо удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) количественное протекание реакции, т.е. константа равновесия реакции должна быть достаточно велика;
- 2) реакция должна быть высокоскоростной;

- 3) легкое протекание побочных процессов;
- 4) высокая точность определения окончания реакции.

Реакция должна удовлетворять все требования, иначе, её использование в титриметрическом анализе недопустимо.

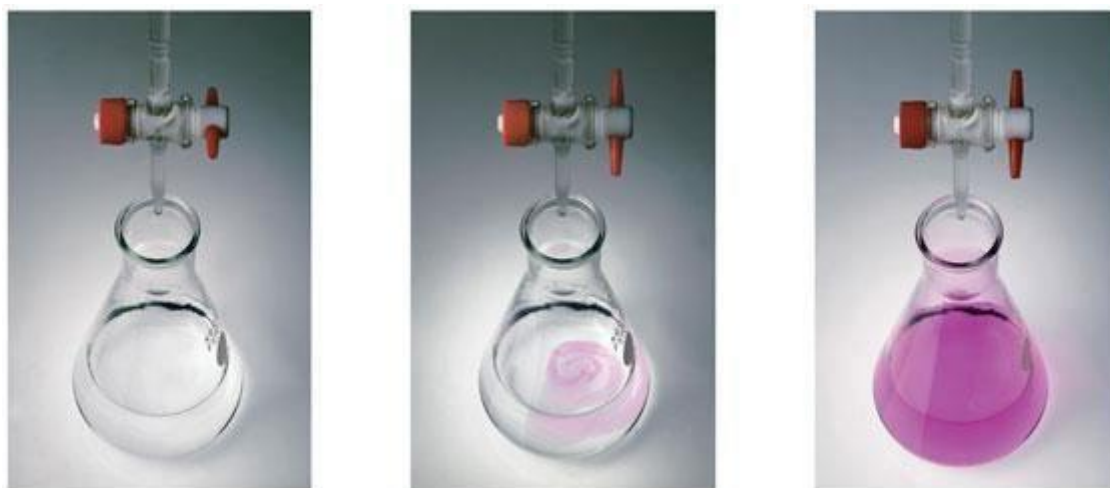


Рисунок 2. Последовательное добавление раствора при прямом титровании.

Метод прямого титрования предполагает непосредственное прибавление раствора-титранта к исследуемому раствору пробы.

На практике существует еще один способ смешивания реагентов. К раствору, в котором хотят найти концентрацию X, постепенно доливают раствор пробы известного количества вещества R. Данный метод, так же относится к прямому титрованию. В этих двух случаях результат анализа рассчитывают по одной и той же формуле, основанной на законе эквивалентов.

$$V_X = V_R,$$

где v_X и v_R – количества молей эквивалентов X и R.

Прямое титрование - удобный и самый распространенный метод, потому что, в этом способе титрования измерение объема происходит только один раз, а, как известно, случайные погрешности в большинстве случаев возникают при измерении объема растворов. Но прямое титрование не всегда возможно. Достаточно много реакций между X и R протекают медленно, и после добавления очередной порции титранта раствор не успевает установить

равновесие. Для решения задач данного типа применяют методы обратного или заместительного титрования.

1.1.2 Потенциометрический метод

Потенциометрия - электрохимический метод анализа, основанный на возбуждении электрическим полем исследуемый раствор, а так же на измерении потенциала равновесного электрода, который является функцией объединения потенциалопределяющего вещества.

Потенциометрические методы анализа основаны на измерении электродвижущих сил (ЭДС):

$$E = E_1 - E_2$$

где:

E - электродвижущая сила (ЭДС);

E_1, E_2 - потенциалы электродов исследуемой цепи.

Основы потенциометрии были заложены В. Нернстом, в 1889 году было открыто известное уравнение для вычисления равновесных электродных потенциалов. В дальнейшем началось применение потенциометрии в аналитической химии, а в 1893 г. Было проведено первое потенциометрическое титрование немецким химиком-органиком Р. Берендом. В настоящее время потенциометрия нашла широкое применение в аналитической и физической химии [11].

Методом потенциометрии измеряют разность потенциалов (ЭДС) двух электродов - измерительного и вспомогательного, - которые помещены в исследуемый раствор. Так как величина ЭДС зависит от температуры, поэтому измеряемые приборы (рН-метры или иономеры) обеспечены температурным компенсатором, управление которого возможно как вручную, так и автоматически[12].

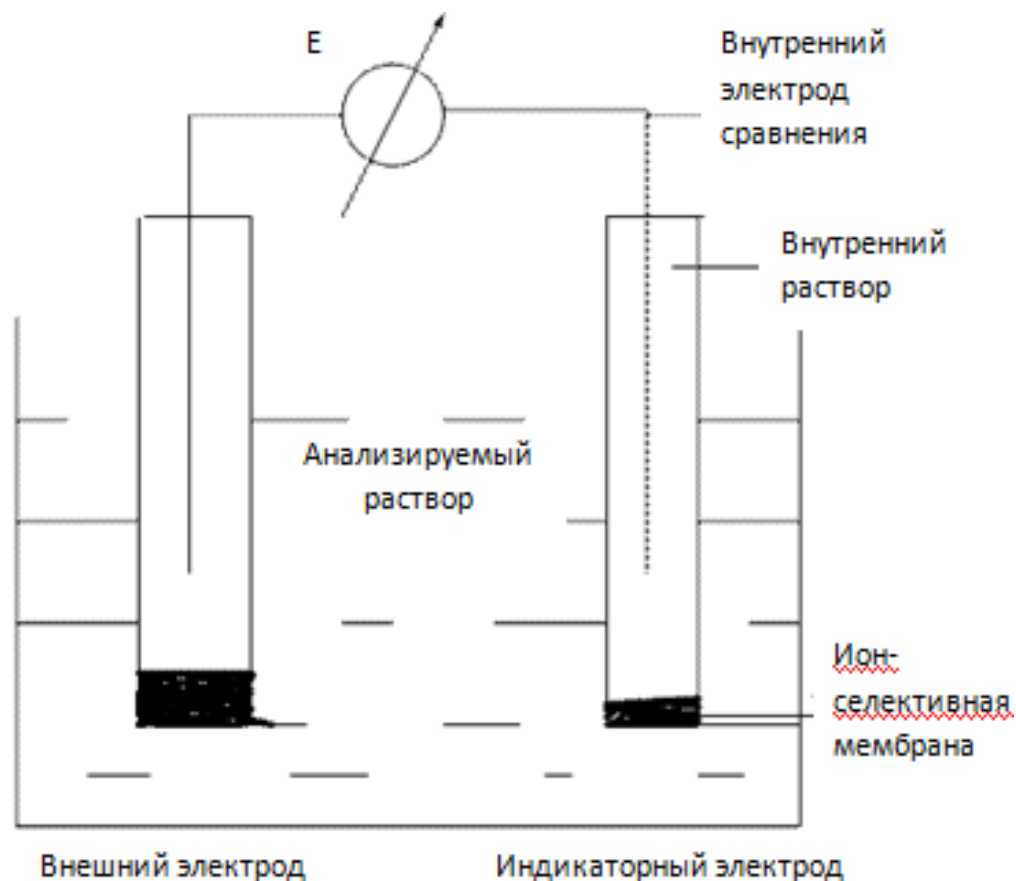


Рисунок 3. Принципиальная схема потенциометрического метода анализа.

Прямая потенциметрия заключается в определении концентрации иона по результатам измерения ЭДС электрохимической цепи, которая содержит соответствующий ионоселективный электрод. Так же по уравнению Нернста, можно найти активность потенциалопределяющего иона в анализируемом растворе. Метод нашел широкое применение для вычисления термодинамических констант, а так же для химических и электрохимических реакций.

Возле точки эквивалентности (окончание реакции) происходит скачок потенциала индикаторного электрода. Величина скачка потенциала, определяют исходя от силы титруемого раствора основания или кислоты и от концентрации раствора.

Методом потенциометрического титрования, так же, как и визуальным обнаружением конечной точки титрования, можно определить количество

проверенного вещества в растворе. Только метод потенциометрического титрования имеет ряд преимуществ:

- исключение ошибки, вызванной визуальными наблюдениями;
- чувствительность, т. е. при одной и той же точности возможность определения меньшего количества вещества;
- применение титрования в мутных и окрашенных растворах;
- последовательность, определение смесей веществ из одной порции раствора;
- автоматизация процесса титрования.

1.1.3 Флуориметрический метод

Первое описание люминесценции как специфического свечения раствора было в 1577 г. испанским врачом и ботаником Николас Монардес. Однако, только в 1852 г. Стокс установил связь между интенсивностью флуоресценции и концентрацией. Он же предложил использовать флуоресценцию для химического анализа. В 1867 г. Гоппельшредером было опубликовано первое практическое применение определения алюминия Al (III) по люминесценции его комплексов вместе с морином. Им же и был введен термин «люминесцентный анализ».

Флуориметрия — это определение концентрации вещества по интенсивности флуоресценции, которая получается при облучении вещества ультрафиолетовыми лучами. Люминесцентный анализ разделяется на макроанализ, когда наблюдение происходит при помощи человеческого зрения, и микроанализ, при наблюдение которого необходимо использовать микроскоп [14].

Изначально, переход вещества из основного состояния в возбужденное, происходит за счет поглощения им световой энергии, при облучении электромагнитным излучением.

Данный метод является высокочувствительным, но флуоресцентными свойствами обладает очень малый круг соединений: ароматические, гетероциклические и карбонильные соединения.

Зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны или частоты называют спектром испускания флуоресценции.

Флуориметрический метод анализа применяется для качественного и количественного анализа. Для количественного анализа применяют спектрофлуориметры. Принцип работы данного анализа заключается в том, что свет от ртутно-кварцевой лампы проходит через первый светофильтр и конденсор, затем он попадает на кювету с раствором анализируемого вещества. Вычисления концентрации вещества проводится по шкале для стандартных образцов вещества при известной концентрации [16].

Таблица 2-Некоторые характеристики методов определения нефтепродуктов в водах

Наименование характеристики	Метод		
	Флуоримет- рический	ИК-спектроско- пический	Газохромато- графический
Источник информации	[9]	[3]	[8]
Диапазон измерения, мг/дм ³	0,005-50	0,05-50	0,1-150
Объем пробы, см ³	100	до 2000	1000
Экстрагент	Гексан	Четыреххлористый углерод	Гексан
Состав образца для градуировки	Масло Т-22	Трехкомпонентная смесь	50% дизельного топлива + 50% смазочного масла

В создании аналитического сигнала применяются только ароматические углеводороды. Потому что именно они имеют различные условия возбуждения, а так же регистрации флуоресценции, благодаря длине волны возбуждающего света, можно наблюдать изменение спектра флуоресценции экстракта.

Флуориметр, или люминометрический анализатор – это прибор, с помощью которого определяют концентрацию вещества по уровню возбуждаемого в нем свечения. Это достаточно необычный, но в то же время очень надежный метод анализа, поэтому флуориметрия в настоящее время развивается быстрыми темпами. Кроме того, этот метод активно используется химиками, биологами и учеными других специальностей.

Применение флуориметрии находит свое отражение во многих сферах, например:

- Исследование аминокислот, аминов и продуктов их обмена (адреналин и норадреналин, холин и ацетилхолин и др.);
- Исследование белков;
- Исследование витаминов и продуктов их обмена (очень обширная категория, в которую входят витамины А, В6 и Е; аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин, никотинамид и т.д.);
- Исследование ферментов и стероидов;
- Исследование лекарственных веществ;
- Исследование токсических и отравляющих веществ и т.д.

Ниже на рисунке 4 приведен внешний вид люминометрического анализатора, применяемого на производстве.



Рисунок 4. Флуориметр Флюорат-02-Панорама, Россия

1.2.4 Спектрофотометрический метод

Спектрофотометрический метод анализа основан на поглощении монохроматического излучения (потока световой энергии) при прохождении его через исследуемый раствор. Оптическую плотность вещества принимают близкой или равной нулю, тогда, когда, светопоглощения исследуемого вещества измеряют по отношению к раствору сравнения. Спектрофотометрический метод можно разделить на дифференциальную и производную спектрофотометрию.

В основе спектрофотометрического метода лежит Закон Бугера-Ламберта-Бера. Это основной закон, в котором описывают поглощение света средой. Закон, который связывает между собой интенсивность света I_l , прошедший слой среды толщиной l , и исходный световой поток I_0 [16]:

$$I_l = I_0 e^{-k\lambda l},$$

где:

– $k\lambda$ коэффициент поглощения вещества.

Показатель поглощения для растворов поглощающих веществ в непоглощающих растворителях выглядит так:

$$k\lambda = X\lambda \cdot C,$$

где:

– $X\lambda$ коэффициент взаимодействия молекулы поглощающего вещества со светом длины волны;

– λ, C — концентрация растворённого вещества.

Дифференциальная спектрофотометрия основана на принципе светопоглощения анализируемого раствора, в котором измеряют по отношению к среде сравнения оптическую плотность, которая существенно больше нуля.

Данный метод используется при получении инфракрасных (ИК) спектров поглощения веществ, у которых наибольшее рассеивание света, в результате

чего светопропускание в ИК области сильно понижается. Для того чтобы устранить это в канал сравнения применяют диафрагму, которая позволяет перекрыть часть светового потока.

Производная спектрофотометрии относится к одному из видов дифференциальной спектрофотометрии (ДС). Если в ДС используют разность оптических плотностей при одной длине волны, то производная спектрофотометрия измеряет так же разность светопоглощения, но при двух, разделенных небольшим интервалом, длин волн.

Достоинство данного вида заключается в том, что спектральные кривые, зафиксированные в координатах производной длины волны, наглядно получаются в виде полос, которые видны лишь в виде скрытых максимумов и еле заметных перегибов на полосе поглощения при обычном представлении спектральной кривой в координатах оптической плотности, это и есть длина волны. Эти полосы можно использовать в качественном и количественном анализе для определения веществ в растворе.

Закон светопоглощения заключается в том, что если световой поток пропустить через кювету с раствором, поглощающим свет, то выходящий световой поток будет менее интенсивным, чем входящий. Ослабление светового потока вызвано его частичным поглощением и отражением[17].

Методы спектрофотометрического анализа используют для определения большого спектра элементов (> 50) периодической системы, в большинстве случаев металлов. С помощью методов абсорбционной спектроскопии проводят анализ руды, минералов и иных природных объекты, продуктов переработки обогатительных и гидрометаллургических предприятий. Данные методы эффективно используются в различных отраслях: в металлургической, электронной, химической и других отраслях промышленности, так же в медицине, биологии. Значимую роль они играют в аналитическом контроле загрязнений окружающей среды и решения экологических проблем. При использовании инфракрасной области спектра и приборов со встроенной электронной вычислительной техникой область практического применения

методов абсорбционной спектроскопии значительно увеличилась. Благодаря этому стало возможным разработать методы анализа многокомпонентных систем без их химического разделения. Данные методы спектроскопии благополучно развиваются и совершенствуются и по настоящее время.

Метод спектрофотометрического контроля качества имеет ряд достоинств:

1. Хорошо подходит для определения состава инертных газов.
2. Работает с низкими концентрациями – различает элементы, если их немного во взвеси.
3. Можно добиться расширенной неопределенности на уровне 0,5-1, %.
4. Применим как для высокого, так и для низкого содержания вещества в растворе.
5. Применим для примесей, ввиду закона сложения.
6. Быстрота определения (если не считать подготовку растворов).
7. Простота использования.

Спектрофотометрическое исследование с высокой точностью относится к подготовке растворов, как окрашенных, так и чистых. Для того чтобы производить измерения спектров, используют спектрофотометр и фотоколориметр, в которые помещают исследуемые растворы.

В данной работе будет использован спектрофотометр, потому именно его мы рассмотрим более детально.

В состав спектрофотометра входят основной комплект частей (см. рис. 5)[18]:

- как источник света- галогенная лампа;
- кюветное отделение, применяемое для хранения калибровочных растворов и проб;
- монохроматор, с помощью которого выделяют спектральный диапазон требуемых длин волн;
- детектор, применяемый для регистрации света, а так же преобразования его в электрический сигнал;

- электроника, которая позволяет проводить измерения и управлять работой прибора;
- дисплей графический, на котором отображаются результаты измерений и вспомогательная информация.

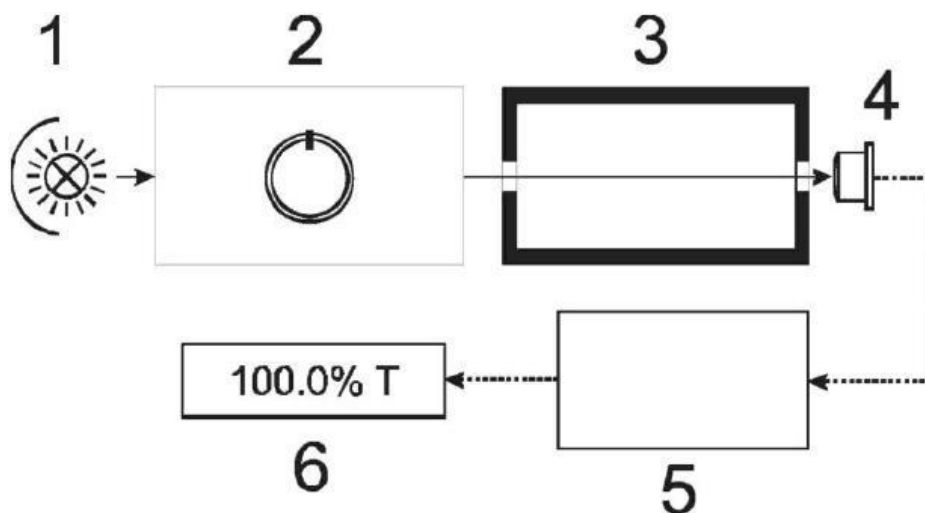


Рисунок 5. Схема функциональная спектрофотометра.

Принцип работы спектрофотометра заключается в сравнении светового потока Φ_0 , пройденного через растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение, и светового потока Φ , прошедшего через анализируемую среду[19].

Световые потоки Φ_0 и Φ модифицируются фотоприемником в электрические сигналы U_0 , U . В дальнейшем производится измерение U_T - сигнал от неосвещенного приемника. По результатам величины этих сигналов, микропроцессор спектрофотометра рассчитывает и отображает на дисплее результат измерения в виде коэффициента пропускания оптической плотности или концентрации, смотря какой режим, был выбран.

Широкое распространение в лабораториях промышленных предприятий, научно-исследовательских институтов и учебных заведений получил спектрофотометр ПЭ-5300В, из-за надежности, точности определения загрязняющих веществ, простоты в эксплуатации, позволяет с наименьшей

стоимостью (по сравнению с другими типами спектрофотометров) проводить анализ по определению концентрации железа в воде.

На рисунке 6 представлен внешний вид спектрофотометра.



Рисунок 6. Спектрофотометр ПЭ-5300В, Россия.

1 Объекты и методы исследований

В процессе работы использовались приборы и оборудование:

1. Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ с длиной волны ($\lambda=400-510$ нм);
2. Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 по ТУ 2270-001-46632946-2011;
4. Компрессор марки УК-1М ТУ-235-80 производительностью 40 л/час;
5. Плитка электрическая;
6. Весы аналитические лабораторные класс точности 1,2 по ГОСТ 24104;
7. Колбы мерные 2 класса. Вместимостью 50, 100, 1000 см по ГОСТ 1770;
8. Пипетки мерные с ценой наименьшего деления 0,1-0,05 см, вместимостью 1, 5, 10 см, 2 класса по нормативно-техническому документу;
9. Цилиндры мерные, вместимостью 25, 50, 100, 1000 см 2 класса по нормативно-техническому документу.

В ходе выполнения исследовательской работы в качестве объекта исследования применялись:

1. Сульфосалициловая кислота двухводная $C_7H_6O_6 \cdot S \cdot 2H_2O$ по ГОСТ 4478-78, ч.
2. Сульфат железа (III), кристаллогидрат $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$;
4. Хлористоводородная (соляная) кислота концентрированная HCl по ГОСТ 3118;
5. Аммиак водный (25% раствор), NH_3 по ГОСТ 3760, ч;
6. Аммоний хлористый NH_4Cl по ГОСТ 3773, ч;
7. Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 выпускается в соответствии с требованиями ТУ 2270-001-46632946-2011 и производится по технологическому регламенту (или технологической карте), утвержденному в установленном порядке.

Волокнистый полимерный сорбент СБС-2 по ТУ 2270-001-46632946-2011 со средними диаметрами равными 100 мкм. Представляют собой волокнистый ватоподобный материал, имеющий светло - серый цвет.

Волокнистый сорбент СБС-2 предназначен для фильтрационной очистки жидких неоднородных сред от взвешенных веществ, нефтепродуктов, ионов тяжелых и цветных металлов и других природных и антропогенных загрязнителей при безнапорной, напорной, установившейся и пульсирующей фильтрации до 6 а.т.м. и температуре от 0 до 90 °С, для сбора нефти и нефтепродуктов и токсичных жидкостей с твердой и жидкой поверхности.

На основе базовых марок сорбентов СБС-2 и ВКБ-1, разработаны антимикробные, ионообменные, радиоактивные волокна. Их общее название: волокна специального назначения.

В зависимости от режимов переработки возможно получение волокон различной геометрической формы и диаметра, монофиламентное волокно. Монофиламентная нить (мононить) – это одиночная синтетическая нить, не разделяющаяся в продольном направлении.

На рисунке 7 приведена фотография волокна, полученная с помощью растрового электронного микроскопа Philips SEM 515 (Томский материаловедческий центр Коллективного пользования ТГУ, г. Томск).

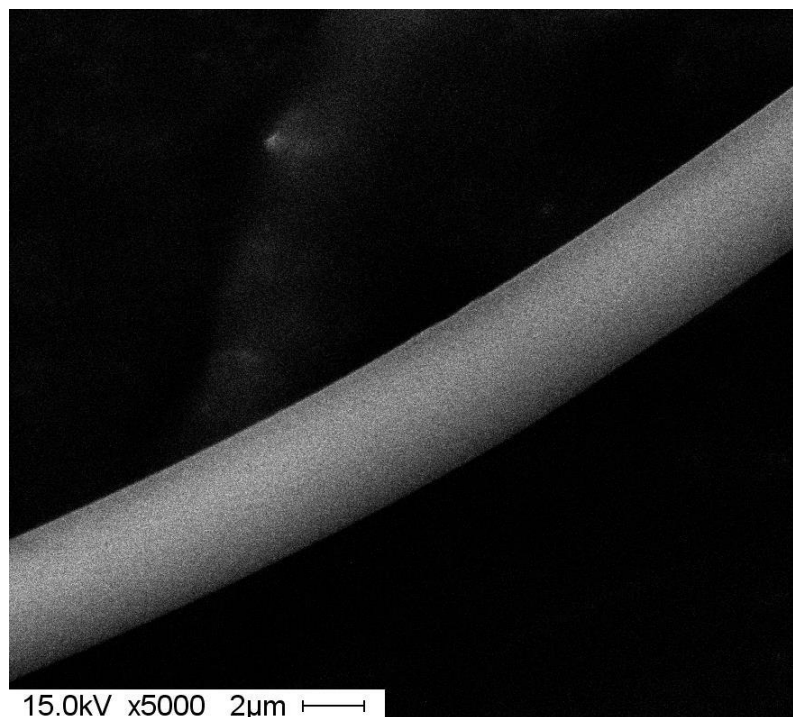


Рисунок 7. Фотография волокна СБС-2, диаметр волокна 5 мкм.

На рисунке 8 приведена фотография волокон в виде свернутого листа, полученная на растровом электронном микроскопе JSM 7500F (Нано-Центр Томского политехнического университета, г. Томск).



Рисунок 8. Фотография волокна СБС-2 (№4м), диаметр волокна 100 мкм.

Основные параметры сорбента СБС-2 приведены в Таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики волокнистых полимерных сорбентов СБС-2

Наименование параметра волокна	Значение показателя
Диаметр волокна СБС-2 (№4м)	100 мкм
1. Плотность волокна (ρ), г/см ³	0,9
2. Температура плавления, °С	174
3. Пороки внешнего вида (склейки, капли, роговидные волокна) не более % мас.	10
4. Номинальная длина волокна не менее, мм	10

Сорбент производится из полипропилена РР Н030-GP в виде пучков хаотично ориентированных волокон.

Сорбент на основе полипропиленового волокна является трудногорючим материалом с температурой самовоспламенения ~ 390 °С и с температурой плавления ~ 170 ÷ 176 °С. Верхняя рабочая температура сорбента не выше 90 °С. Использование открытого пламени и теплоисточников с температурой выше 95 °С запрещается.

При загрязнении фильтра - потери скорости фильтрации или потери напора в фильтре 0,1-0,15 Мпа - необходимо провести регенерацию фильтра.

Для восстановления фильтрующей способности не требуются химических реагентов, необходима только промывка. При этом полная отмывка волокна от гидроксида железа не обязательна, так как осажденный на поверхности волокна гидроксид железа, как было отмечено выше, является катализатором процесса извлечения Fe и Mn из воды в объем волокнистого сорбента.

Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение производятся в соответствии с ГОСТ 25 388 - 82 “Волокна химические. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение”. Хранение сорбента должно осуществляться в условиях, исключающих повреждение упаковки, попадание прямых солнечных лучей.

Гарантийный срок хранения 1 год. По истечении гарантийного срока волокнистый полимерный сорбент может быть использован по назначению

после проверки физико-механических показателей на соответствие требованиям ТУ2270-001-46632946-2011.

Для обезжелезивания воды, в настоящей работе, мы применяли волокнистый сорбент СБС-2 (№4м) с диаметром 100 мкм, при плотности упаковки 250 кг/м³, выбор обусловлен расчетным размером пор такой набивки равным ~250 мкм, который близок к размеру пор песчаной загрузки с крупностью частиц 0,8-2,0 мм.

2.1 Методика проведения эксперимента

2.1.1 Определение содержания железа в воде

Метод определения железа основан на взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой, с образованием окрашенного в желтый цвет комплексного соединения [59]. Интенсивность окраски пропорциональна содержанию железа. Предел обнаружения 0,1 мг/л. Диапазон измерения концентраций железа без разбавления пробы 0,1 – 2,0 мг/л.

Через стеклянную колонку, заполненную волокном с требуемой плотностью набивки, пропускаем раствор сульфата железа. Полученные пробы анализируем на содержание в них железа.

Для построения калибровочного графика был приготовлен раствор сульфата железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ в небольшом количестве дистиллированной воды в мерной колбе вместимостью 500 мл. После растворения добавили 3 мл соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³ и объем довели до метки дистиллированной водой.

Приготовили раствор с концентрацией железа 10 мг/л.

Из тщательно перемешанной пробы было отобрано 25 мл (или меньший объем), далее его довели 10% аммиаком рН до 6-8, контролируя по универсальной индикаторной бумаге, приливая 1 мл 2 н. хлорида аммония, 1 мл 20 % сульфосалициловой кислоты, 1 мл 10 % аммиака. После каждого реактива

раствор перемешивали, объем доводили до метки дистиллированной водой, вновь перемешивали и через 15 мин фотометрировали при светофильтре ($\lambda = 400 - 430$ нм) в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см по отношению к дистиллированной воде, обработанной так же, как и проба. Проба объемом 50 мл выпаривается, затем приливается 1 мл 2 н. хлорида аммония, 1 мл 20 % сульфосалициловой кислоты, 1 мл 10 % аммиака. После каждого реактива раствор перемешивали, объем доводили до метки дистиллированной водой.

Аналогично было сделано несколько одинаковых разведений.

Далее выбирали среднее значение, данные вносили в таблицу.

Содержание железа (мг) находили по калибровочному графику или визуально по интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов. Калибровочный график строили в координатах «оптическая плотность - содержание железа (мкг)». Концентрация железа X (мг/л) рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{A}{V}, \quad (2.1)$$

где A – содержание железа, найденное по калибровочному графику или визуально по шкале стандартных растворов, мкг;

V – объем пробы, взятой для анализа, мл.

3 Экспериментальное исследование процессов очистки воды

Целью экспериментальной части исследования является исследование характеристик качества обезжелезивания воды с применением спектрофотометра в лабораторных условиях.

Так же исследовали возможность применения полипропиленового волокна СБС-2 в качестве фильтровального материала для обезжелезивания воды.

3.1 Приготовление 20% раствора сульфосалициловой кислоты

23,3 грамма сульфосалициловой кислоты растворили в мерной колбе вместимостью 100 мл в небольшом количестве дистиллированной воды и довели водой до метки.

3.2 Приготовление 2Н раствора хлористого аммония

10,7 хлористого аммония растворяли в мерной колбе вместимостью 100 мл. в небольшом количестве дистиллированной воды и довели этой же водой до метки.

3.3 Приготовление раствора аммиака (1:1)

100 мл. 25 % водного раствора аммиака приливали к 100 мл дистиллированной воды и перемешивали.

3.4 Приготовление модельного раствора соли железа (III)

Для приготовления водного раствора с концентрацией железа 10 мг/л использовалась соль $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$: 561,87 г соли содержат 111,68 г железа.

Таким образом, 0,010 г железа содержится в 0,0503 г соли пропорционально.

50,3 мг соли железа (III) отвешивали на аналитических весах с точностью до 4 знака; растворяли в небольшом количестве дистиллированной воды в колбе объёмом 1000 см³. Далее доводили водой до метки. Тщательно перемешивали.

Расчет концентрации и приготовление водного раствора с концентрацией железа 3,7 мг/л производится аналогично (отбором аликвоты с последующим разбавлением).

В ряд мерных колб вместимостью 50 мл вносили по 0; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 25,0; 50,0 мл стандартного раствора; что соответствует 0; 0,010; 0,025; 0,050; 0,100; 0,150; 0,250; 0,500 мг общего железа, доводили дистиллированной водой до метки. Пробы нагревали до кипения на электрической плитке, упаривали до 35-40 мл. Растворы после выпаривания охлаждали до комнатной температуры. Затем добавляли 1,0 мл 2Н раствора хлористого аммония, 1,0 мл 20% сульфосалициловой кислоты. После добавления каждого реактива раствор тщательно перемешивали. Затем добавляли раствор аммиака (1:1), контролируя рН больше девяти, до получения желтого окрашивания. Объём раствора доводили дистиллированной водой до метки и оставляли на 5-10 минут для развития окраски.

Затем фотометрировали на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ при длине волны $\lambda = 400-510$ нм в кюветах с толщиной 2 см оптического слоя по отношению к 50 мл. дистиллированной воды, обработанной, как проба.

Аналогично проделывали эксперимент для несколько одинаковых разведений. Выбирается среднее значение.

Концентрацию железа (мг/л) рассчитывали по формуле 2.1.

Строили калибровочный график, откладывали на оси абсцисс массовую концентрацию железа, по оси ординат – соответствующее значение оптической плотности.

Построенный калибровочный график имеет линейный вид и исходит из нуля, что говорит о нормальном течение реакции и функционировании прибора.

График имеет концентрационные пределы линейности, что накладывает ограничение на использование линейной области калибровки.

Из-за большой систематической погрешности аналитическое определение за пределами калибровочной прямой не производят.

Для измерения концентрации анализируемой пробы, находящейся за пределами калибровочного графика, берут меньшую аликвоту для анализа пробы с высоким содержанием вещества и концентрируют пробу для анализа с малым содержанием определяемого компонента.

3.5 Технологические исследования по оценке возможности использования волокон из вторичного ПП в практике водоочистки

Известно [1], что при фильтровании воды после аэрации через зернистые загрузки на поверхности зерен образуется каталитическая пленка, состоящая в основном из гидроксида железа Fe^{+3} , которая активно влияет на процесс окисления и выделения железа из воды и в значительной степени его интенсифицирует. Удаление железа из воды в загрузке представляет собой гетерогенный автокаталитический процесс, в результате которого пленка, выполняющая функцию катализатора, непрерывно обновляется при работе фильтра. Пленка образуется и действует только при наличии в воде кислорода. Для обеспечения нормальной кинетики окисления железа Fe^{+2} в Fe^{+3} необходимо, чтобы содержание кислорода в воде в 4–6 раз превышало его теоретический расход.

В начале работы фильтра одновременно с образованием пленки происходит зарядка загрузки. Продолжительность зарядки зависит от качества воды и скорости фильтрации, определяется экспериментально и составляет от 30–40 ч до нескольких суток. Только после зарядки загрузки достигается полный и стабильный эффект обезжелезивания. Следует отметить, что свежееобразованный осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ является эффективным адсорбентом, как ионов, так и углеводородов, содержащихся в воде. Это свойство $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$ использовано в электро-коагуляционной очистке воды от достаточно широкого списка загрязнителей, в процессе которой растворяются аноды из алюминия или железа с образованием объемных осадков гидроксидов этих металлов, на осадках адсорбируются загрязнители, после чего осадок отделяется от воды любым известным способом. Таким образом, очистка воды от железа происходит одновременно с параллельными процессами очистки воды от других загрязнителей на образующемся осадке гидроксида железа.

Определение оптимальной высоты слоя фильтрующей волокнистой загрузки производилось параллельно на пяти колонках диаметром 50 мм и с высотой набивки 5, 10, 15, 20 и 25 см.

Во всех колонках верхний слой волокна на 2 см модифицировался свежеполученной из раствора с концентрацией 10 мг/л по железу суспензией $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Для получения гидроксида железа, раствор соли железа (III) в концентрации 10 мг/л, титруем его 1% раствором гидроксида аммония до появления некрупной взвеси гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, красно-коричневого цвета. Полученной свежеприготовленной суспензией обрабатываем волокно, далее волокно погружаем в полученную суспензию гидроксида железа, аккуратно поворачивая стеклянной палочкой, затем слегка отжимаем. Обработанным таким способом волокном набиваем верх колонки (2см). Колонку промываем дистиллированной водой.

На рисунках 9 и 10 приведены фотографии поверхности волокна СБС2 (№4м) и волокна СБС2 (№4м) модифицированного свежеполученной суспензией $\text{Fe}(\text{OH})_3$ из раствора с концентрацией 10 мг/л по железу,

(фотография волокна после сушки), полученная, соответственно, на растровом электронном микроскопе JSM 7500F (Нано-Центр Томского политехнического университета) и микроскопе Philips SEM 515 (Томский материаловедческий центр коллективного пользования ТГУ).

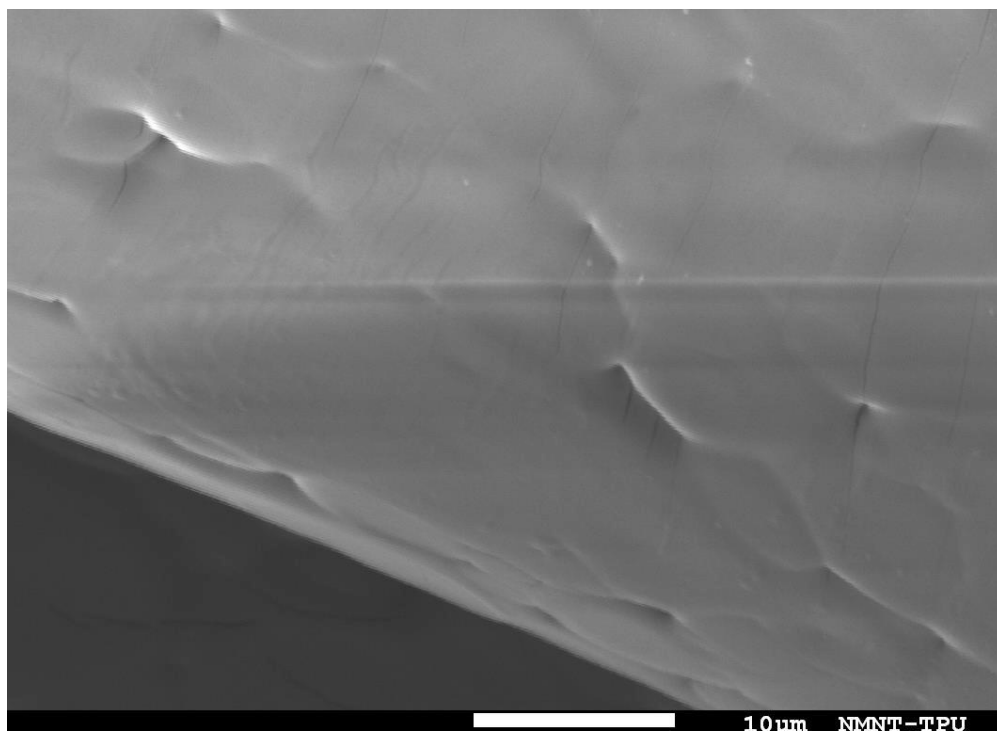


Рисунок 9. Фотография поверхности волокна СБС2 (№4м), не обработанного гидроксидом железа

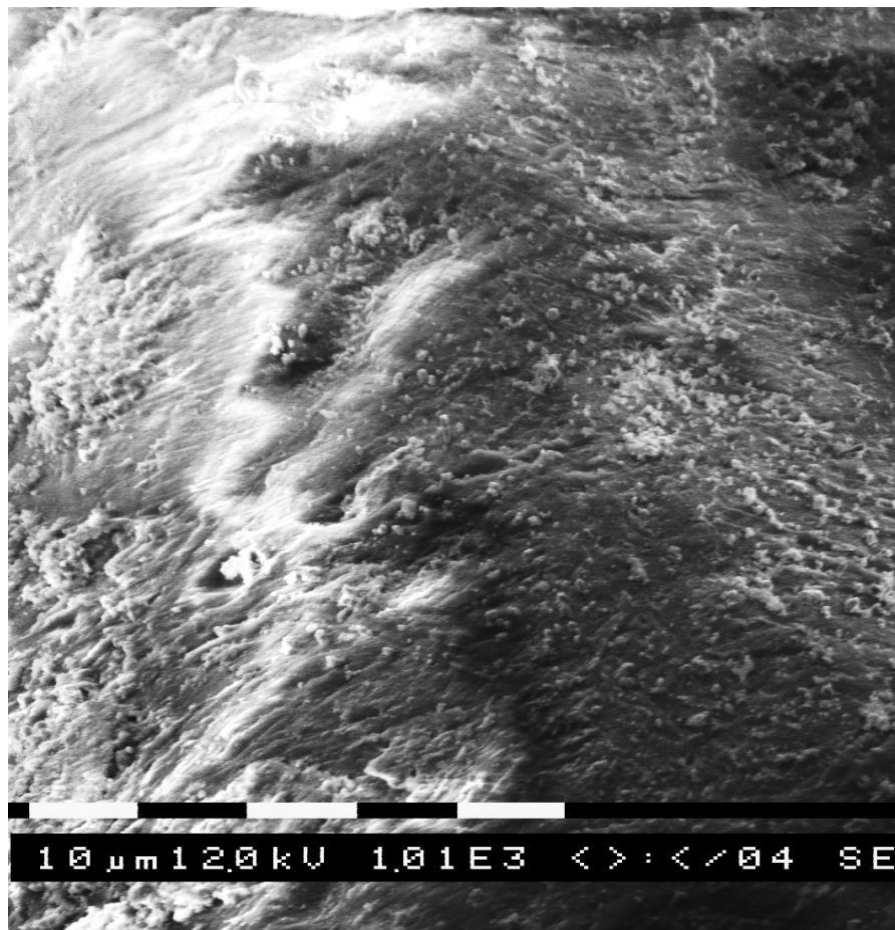


Рисунок 10. Фотография поверхности волокна СБС2 (№4м) после модификации гидроксидом железа.

Как видно из рисунков 9 и 10, гидроксид железа равномерно нанесен на поверхность волокна СБС2 (№4м).

Выбор волокна с диаметром 100 мкм при плотности упаковки 250 кг/м³ обусловлен расчетным размером пор такой набивки равным ~250 мкм, который близок к размеру пор песчаной загрузки с крупностью частиц 0,8-2,0 мм. После модификации волокна гидроксидом железа, через колонку пропускали модельный раствор FeSO₄ с концентрацией по железу 3,7 мг/л.

Модельный раствор перед фильтрацией подвергался аэрации с подачей воздуха от компрессора с производительностью 30 л/мин и с использованием микропористой керамической насадки для распределения пузырьков воздуха в модельном растворе.

Эксперимент выполнялся следующим образом. Перекрывался вентиль внизу колонки и в нее заливался модельный раствор до полного заполнения

фильтра раствором. Затем открывался вентиль с одновременной подачей раствора на фильтр и расход модельного раствора поддерживался равным скорости фильтрации так, чтобы уровень фильтруемого раствора находился не выше 3-5 мм выше фильтрующей загрузки.

Таким образом, напор при фильтрации был равен высоте столба жидкости в фильтре равном высоте фильтра.

Результаты экспериментов приведены на рисунке 11.

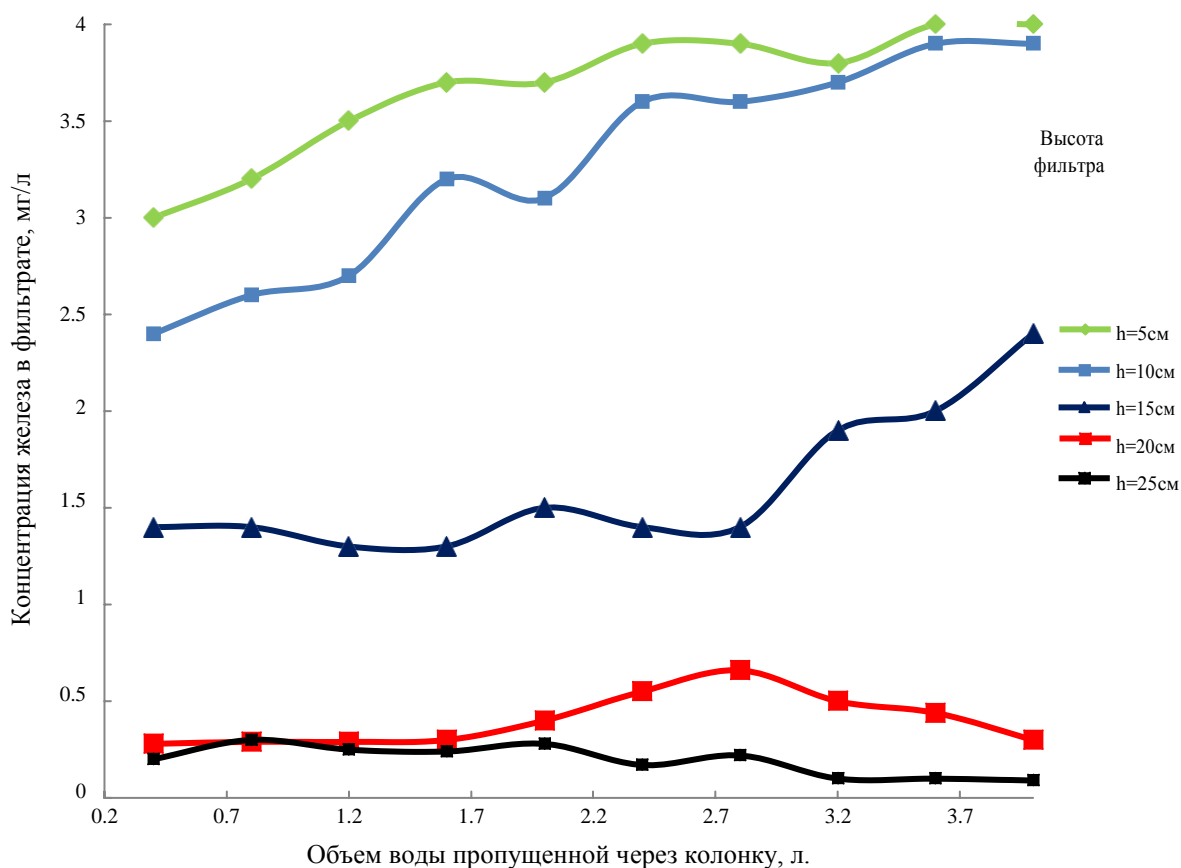


Рисунок 11. Влияние высоты слоя фильтрующей волокнистой загрузки на степень очистки воды от железа.

Из данных рисунка 11 видно, что на фильтрах высотой 5 и 10 см в начальной стадии процесса фильтрации происходит снижение концентрации железа в фильтрате по сравнению с концентрацией железа в фильтруемой воде, но начиная с фильтрации второго литра воды, концентрация железа в фильтрате становится равной концентрации железа в исходной воде. При

высоте слоя волокна 15 см заметный рост концентрации железа в фильтрате начинается после фильтрации 2,7 литра исходного модельного раствора, очевидно, за счет вымывания ранее накопленного осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Начиная с высоты фильтра 25 см, концентрация железа в фильтрате становится меньше ПДК (0,3 мг/л), а вероятность проскока твердых частиц осадка становится равной нулю.

Поэтому продолжительность зарядки фильтра определяли на двух колонках с диаметром 50 мм, высотой фильтрующего слоя 20 см и плотностью набивки 250 кг/м^3 . Одна колонка набивалась чистым волокном, а на волокно второй, как и в первой серии опытов, сверху на высоту 2 см наносилась свежеполученная из раствора с концентрацией 10 мг/л по железу, суспензия $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Модельный раствор подавался в колонку порциями равными объему, занимаемому в колонке волокном - колоночными объемами по 400 мл. Такой опыт позволяет определить время зарядки по объему воды, который необходим для зарядки. На рисунке 11 приведены результаты экспериментов по определению продолжительности зарядки полипропиленового волокна диаметром 100 мкм с использованием модельного раствора FeSO_4 с концентрацией по железу 3,7 мг/л.

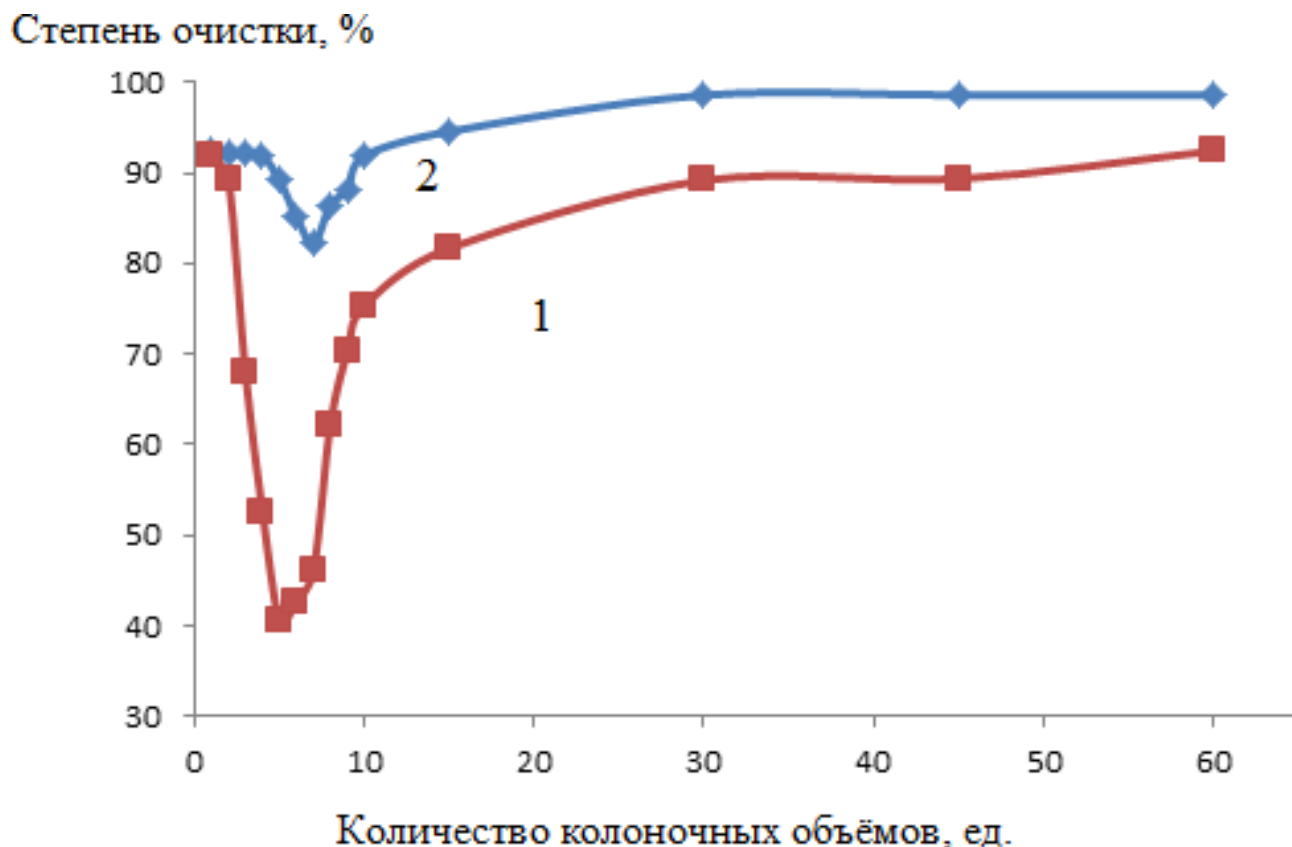


Рисунок 121. Определение времени зарядки волокнистого фильтра концентрации железа 3,7 мг/л (концентрация больше в 12 раз ПДК равного 0,3 мг/л), где 1- немодифицированное волокно; 2- волокно, модифицированное $Fe(OH)_3$.

Рисунок 12 высотой 20 см при безнапорной фильтрации и начальной

Результаты экспериментов, приведенные на рисунке 12, показывают, что при безнапорной фильтрации волокнистая насадка с предварительной модификацией $Fe(OH)_3$ и площадью фильтрации $19,625 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ заряжается после пропускания через нее 4-х литров воды с начальной концентрацией железа 3,7 мг/л (вода очищается до значений ПДК- 0,3 мг/л), степень очистки после 60 колоночных объемов, составила 98,6 %, а немодифицированная волокнистая насадка заряжается после пропускания 24 литров воды (вода очищается до значений ПДК - 0,3 мг/л), степень очистки после 60 колоночных объемов, составила 92,43 %.

После зарядки фильтр готов к эксплуатации. Резкое снижение концентрации железа в фильтрате в течение фильтрации первых колоночных объемов воды связано с наличием на поверхности волокон ионообменных гидроксильно-карбонильных групп, вследствие частичного окисления полипропилена в процессе производства из него волокон. Обменная емкость такого волокна находится в пределах 0,03-0,1 мг·экв./г волокна (по данным разработчика).

Заключение

В работе приведен анализ методов и средств контроля качества очистки воды.

Изучен спектрофотометрический метод анализа качества очищенной воды. Приведены методы контроля содержания различных веществ в воде.

Главным загрязнителем воды, используемой для хозяйственно питьевого водоснабжения и в производстве по всей Западной Сибири, является железо, концентрация его в воде превышает ПДК в 3-20 раз.

Высокое содержание железа в воде вызывает технологический брак в промышленности и является причиной снижения теплопередающей способности энергетического оборудования.

Были проведены экспериментальные исследования по обезжелезиванию воды на волокнистых сорбентах СБС-2(№4м) диаметром 100 мкм с применением спектрофотометрического метода анализа.

Показано, что в начальный период пропускания раствора соли железа через колонку остаточная концентрация железа в фильтрате выше пороговой по ГОСТ (0,3 мг/л). Этот период можно условно назвать тренировкой фильтр (зарядка фильтра).

Установлено, что при безнапорной фильтрации волокнистая насадка с предварительной модификацией $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и площадью фильтрации $19,625 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ заряжается после пропуска через нее 4-х литров воды с начальной концентрацией железа 3,7 мг/л (вода очищается до значений ПДК- 0,3 мг/л), а немодифицированная волокнистая насадка заряжается после пропуска 24 литров воды (вода очищается до значений ПДК - 0,3 мг/л).

Таким образом, модификация поверхности волокна гидроксидом железа позволяет сократить время зарядки фильтра в 6 раз. Это согласуется с [1], так как скорость автокаталитической реакции окисления и последующего осаждения гидроксида Fe^{3+} резко возрастает при контакте с ранее осажденным на поверхности фильтра гидроксидом железа.

Степень очистки воды от ионов железа после пропускa 60 колоночных объёмом раствора через сорбент СБС-2 (№4м) составила 92,43 % и через модифицированный сорбент СБС-2 (№4м) составила 98,6 %. По результатам исследований определена оптимальная высота слоя фильтрующей волокнистой загрузки: 25 см.

В результате исследований выявлена и экспериментально доказана эффективность предварительной зарядки фильтра - полипропиленового волокна гидроксидом железа в качестве фильтра в процессе очистки воды. По результатам анализа концентрация железа после фильтра с полипропиленовым волокном ниже ПДК (0,3 мг/л).

Список используемых источников

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – Киев.: Головное изд-во издат - го объединения “Вища школа”, 1981. – 327с.
2. Бордунов С.В. Малогабаритная установка для обезжелезивания воды //ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ. – 2009. -Октябрь. - С. 15-17.
3. Никифоров А. Ф. и др. Физикохимия воды и водных растворов //Екатеринбург: ГОУ УГТУУПИ. – 2003
4. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: Справ. пособие. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. 120 с.
5. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод. – Минск.: “ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА”, 1980. – 380с.
6. Бордунов С.В. Установка для получения волокнистого материала из термопластов. Патент РФ № 2388854, Заявл. 27.06.2008. Оpubл. 10.05.2010.
7. Бордунов В.В. Обезжелезивание воды методом фильтрации через волокнистые полимерные материалы/ В.В. Бордунов, С.В. Бордунов, Л.Ю. Новоселова, И.А. Соболев // Теоретические и практические основы физико-химического регулирования свойств нефтяных дисперсных систем. Часть II, Сборник трудов СО РАН. - Томск 1999. - С. 129-134.
8. Бордунов В.В. Сорбенты для очистки воды и оборудование на их основе / В.В. Бордунов, С.В. Бордунов, М.Ф. Журавкова, В.В. Пронин, И.А. Соболев // Материалы III международной конференции по химии нефти. Том II, Томск, 1997. - С. 232
9. Яковлева О.В., Ситдикова Г.Ф., Яковлев А.В. Практикум по физико-химическим методам в физиологии / Яковлева О.В., Ситдикова Г.Ф., Яковлев А.В. – Казань: КГУ.- 2007. – 64 с.
10. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств. – 1983.

11. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1974. – 480 с.;
12. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов //М.: Медицина. – 1990. – Т. 48.
13. Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В., Комиссаренков А.А. Физико-химические методы анализа. Ч.III. Хроматографические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения/ СПб ГТУРП. - СПб., 2014.-53с.
14. Шаповалова Е. Н., Пирогов А. В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет Москва, 2010. — С. 211.
15. Гуськова, В.П. Хроматографические методы разделения и анализа: учеб. пособие / В.П. Гуськова, Л.С. Сизова; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – 2-е изд., испр. и доп. – Кемерово, 2015. – 158 с.
16. Кондуктометрия. Кондуктометрическое и высокочастотное титрование: Метод. указ. к лаб. работам / Сост. Б. М. Стифатов, Ю. В. Рублинецкая. – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2013. - 12 с.:ил.
17. А. П. Крешков. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа, Изд. «Химия», 1970, стр. 472.
18. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Под ред. О. М. Петрухина. – М. : Химия, 2001.
19. Руководство по контролю качества питьевой воды» ВОЗ, том 2. Guidelines for Drinking Water Quality. Second edition.- Geneva: WHO Vol.2, 1996.
20. Кондуктометры Эксперт - 002. Руководство по эксплуатации и методика поверки КТЖГ. 414311.004 РЭ, 17 с., М.: ООО “ЭКОНИКС - ЭКСПЕРТ”, 2009
21. Алексеев В.Н. Количественный анализ, 4-е изд., перераб. — М.: Химия, 1972. — 504 с.

22. Руководство по аналитической химии / Перевод с нем. канд. хим. наук В. В. Кузнецова, канд. хим. наук Л. Б. Кузнецовой. Под ред. засл. деят. науки и техники РСФСР, проф. Ю. А. Клячко. - М. : Мир, 1975. - 462 с.
23. Ищенко А. А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. – 2010.
24. Губачек З. Унифицированные методы исследования качества вод //Методы химического анализа вод/. Часть. – Т. 1.
25. Белоглазкина М. В. и др. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа //Учеб. пособие. Издательство: РИОР. – 2006.
26. Тучин, В. В. Лазерная диагностика в биологии и медицине [Текст] / В. В.Тучин, А. В. Приезжаев, М. – Наука, 1989.– 226 с.
27. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984, с. 315.
28. Божевольнов Е. А. Люминесцентный анализ неорганических веществ. – Химия, 1966.
29. Тхоржевский В. П. Автоматический анализ газов и жидкостей на химических предприятиях. – Химия, 1976.
30. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. — М. : Высшая школа, 1991. — 256 с.
31. Тыжигирова В.В., Филиппова С.Ю. Применение ИК- и УФ-спектроскопических методов в фармацевтическом анализе: Учебное пособие / Под ред. А.П. Арзамасцева. – М.: ГЭОТАР – МЕД, 2004. –640 с.
32. Отто М. Современные методы аналитической химии. / М. Отто. – М.:Техносфера, 2006. – 416 с.
33. Алесковский В.Б. Физико-химические методы анализа. Изд. 2-е, – Л.: Химия, 1971. – 394 с.,ил.
34. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия. – М., ВШ., 1969.

35. Спектральные методы анализа: практ. руководство: учеб. пособие / под ред. В.Ф. Селеменева, В.Н. Семенова. - СПб. и др.: Лань, 2014. - 412 с.
36. Сперанская Е.Ф. Оптические методы анализа. Часть 1. Алма-ата: КазГУ. 60 с.
37. Лотош В.Е. Экология природопользования. Екатеринбург: Полиграфист, 2001. 540 с.
38. Айвазов, Б.В. Введение в хроматографию. - М. : Высш. школа, 1983. - 239, [1] с. : ил.
39. Шпак И. Е., Михайлова А. М. Характеристика и анализ вод: учебное пособие //Саратов: изд-во Сарат. гос. техн. ун-та. – 2000.
40. А. П. Крешков. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа, Изд. «Химия», 1970, стр. 472.
41. Никифоров А. Ф. и др. Физикохимия воды и водных растворов //Екатеринбург: ГОУ УГТУУПИ. – 2003.
42. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
43. Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева. — М. : Высшая школа, 2000. — 845 с.
44. Васильев, В. П. Аналитическая химия. — М. : Дрофа, 2002. — Кн. 2. — 384 с.
45. Лебедева М.И. Аналитическая и органическая химии (часть 4) : учебное пособие / М.И. Лебедева, И.А. Анкудимова, М.А., Свирева. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 197 с.
46. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа — М.: Высшая школа, 1975. — 295 с.
47. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. Ч.2. Количественный анализ. — М.: Высшая школа, 1982. — 288с.

48. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. - Л.: Химия, 1985. - 528 с., ил.
49. Шпигун, О.А., / Ионная хроматография. О.А. Шпигун, Ю.А. Золотов. М.: МГУ, 1990. С. 198.
50. Лобачев А. Л., Степанова Р. Ф., Лобачева И. В. Анализ неорганических загрязнителей природных и питьевых вод. Учебное пособие. Издательство «Самарский университет» 2006.- 50 с.
51. Чибисова Н.В. практикум по экологической химии: Учебное пособие/Калинингр. ун-т. - Калининград 1999. - 94 с.
52. Юинг, Д. Инструментальные методы химического анализа / Д. Юинг. – М. : Мир, 1989.
53. Дж. Лакович. Основы флуоресцентной спектроскопии. М.: «Мир», 1986. 496 с.
54. Паркер С. Фотолюминесценция растворов, М.: «Мир», 1972. 512 с.
55. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. М.: «МГУ», 1989. 272 с.
56. Анализ сточных вод: учеб. пособие / Е. А. Илларионова, И.П. Сыроватский; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава РФ. – Иркутск, 2013. – 53 с.
57. Илларионова, Е. А., Сыроватский И.П. И44 Анализ сточных вод: учеб. пособие / Е. А. Илларионова, И.П. Сыроватский; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава РФ. – Иркутск, 2013. – 53 с.
58. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов //М.: Медицина. – 1990. – Т. 48.
59. Станкявичюс В. И. Обезжелезивание воды фильтрованием (основы теории и расчет установок) //Вильнюс: “Мокслас”. –1978.–120 с. – 1978.
60. Строкач П. П., Кульский Л. А. Практикум по технологии очистки природных вод //Минск: Высшая школа. – 1980.

61. Перлина А.М., Балашова Г.В. и др. Окисление двухвалентного железа при обезжелезивании подземных вод. – “Водоснабжение”, 1964. – вып. 53, №6.
62. Государственный контроль качества воды. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 776 с.
63. Якунина И. В., ПОПОВ Н. С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг //Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009.
64. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Дата введения:01.03.2017. - 10с.
65. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Дата введения:01.06.96. - 12с.
66. ГОСТ 12.1.003– 2014.ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум. Дата введения:01.11.2013. - 18с.
67. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Дата введения:01.06.2011. – 57с.
68. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты. Дата введения:09.12.2011.- 180с.
69. ГОСТ Р 12.1.019-2009. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Дата введения:01.01.2011. – 20с
70. СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Дата введения:26.05.2003. - 20с.
71. ГН 2.2.5.313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дата введения:10.05.2003.- 20с.
72. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). Дата введения:01.01.77. - 5с.

73. ГОСТ 4478-78. Реактивы. Кислота сульфосалициловая 2-водная. Технические условия (с Изменением N 1). Дата введения:01.01.79. - 6с.

74. ГОСТ 3118-77. Реактивы. Кислота соляная. Технические условия (с Изменением N 1). Дата введения:01.01.79. - 8с.

75. СанПиН 2.1.7.1322-03 Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. Дата введения:15.06.2003. – 15с.

76. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС - 012 – 2011 О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах. Дата введения:15.02.2013.- 33с.

77. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года. – 92с.

78. ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Дата введения:01.01.1996. – 31с.

79. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда «Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами». – 13с.

80. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов. Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов». – 17с.

81. Трудовой кодекс Российской Федерации. Статья 213. Медицинские осмотры некоторых категорий работников. – 424 с.

82. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и

периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». – 13с.

83. Безопасность жизнедеятельности. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др.- 7-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2007. — 616 с.

84. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

85. Раицкий К.А. Экономика предприятия: учебник для вузов. – М.: Дашков и К, 2002. – 1012 с.

86. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

87. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. - М.: ОАО "НПО "Изд-во "Экономика", 2000.

88. Chang-An Yan, , Wanchang Zhang, Zhijie Zhang, Yuanmin Liu, Cai Deng, and Ning Nie. Assessment of Water Quality and Identification of Polluted Risky Regions Based on Field Observations & GIS in the Honghe River Watershed, China / Published online 2015 Mar 13.

89. Satinder Ahuja. Monitoring Water Quality: Pollution Assessment, Analysis, and Remediation 1st Edition // Newnes, 2013-400с.

Приложение А

Разделы (1)

Water quality assessment

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Никитина Анастасия Ильинична		

Консультант отделения контроля и диагностики:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отд. контроля и диагностики	Гальцева О.В.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Игна О.Н			

Introduction

Water is a chemical compound of two hydrogen atoms and one oxygen atom, but nevertheless is the basis of life on Earth.

We are constantly interacting with the water – use it across all industries: food, industrial, agricultural etc. That is why the quality of water is so important for us, even a relatively small amount of harmful impurities can cause great damage to health. It is impossible to determine the purity of Water by eye, because many harmful substances dissolved in it are completely invisible. In order not to doubt the quality of water, it is necessary to conduct an examination. That is why water quality control becomes particularly relevant.

Water quality indicators can be divided into main groups [1]:

- organoleptic indicators, they include smell, color, taste and turbidity of water;
- chemical indicators, which take into account the hydrogen index of the concentration in the water of ions, as well as its rigidity;
- bacteriological indicators, taking into account the microbial number, the number of microorganisms per 1 ml of water (no more than 100);
- chemical indicators, the number of chemical macro- and microelements in water.

During production, the water quality plays a big role in the final result. Therefore, it is very important to carry out water purification and further testing of purified water for the presence of impurities, caring about the quality of the end result of the product and in a more ambitious sense of Humanity.

1 Review of literature

Water is the basis of all organic life, without which neither the existence of man, nor the development of mankind as a whole is possible.

Throughout the whole period of human existence there was a problem of drinking water supply, which affects almost all aspects of life.

The drinking and household needs of the population spends about 5% of the total water consumption. It is not difficult to provide such a quantity of water, but the water quality for a particular use is different. Therefore, water quality must be met certain requirements. For example, for industrial use, it is desirable to check the quality of water directly at the production itself, depending on further consumption.

This subject, certainly, is relevant, and will be relevant always. It affects our daily existence, affects the health of our body, therefore, undoubtedly deserves our attention.

1.1 Water quality assessment

The inspection of water quality is systematically carried out by state institutions of standardization and control. But even the made quality check of drinking water, which flows from the tap, leaves much to be desired, and the quality requirements for drinking water, unfortunately, are not fully met.

The production control of drinking water is carried out in accordance with the general requirements:

- The implementation of production supervision is vested in representatives of the organization engaged in the manufacture of water. They must strictly follow the points of the supervision program. The control is carried out by means of analyzes of water samples taken at various stages of the production process.

- The quantity and capacity of the samples are normalized by the program points.
- Key indicators for check of the drinking water environment, number of analyses (it is specified in technical documentation).
- The increased production supervision is carried out at emergence of a critical situation.
- At the same time, production control is carried out according to several groups of mandatory indicators (organoleptic, microbiology).
- Analyzes of water samples can be carried out either in state laboratories or in accredited, licensed independent organizations.
- It is allowed to apply only permitted methods of sample studies.

The production quality control of drinking water is compiled and implemented by the organization responsible for the production of fluids for drinking needs of the population. The document should list the components by which the composition of the drinking water environment is checked. At the same time, the list should contain components from the following groups (table 1):

- organoleptic group of indicators (assessment of taste characteristics, transparency, odor and color);
- group of microbiological data;
- components of the chemical group;
- indicators of radiology and parasitology.

Index	Units	Standard
<i>Organoleptic</i>		
Odor	Points	Not more than 2-3
Taste	Points	Not more than 2-3
Color	Gradus platinum-cobalt scale	Not more than 30
Turbidity	ml / l (on a coalinum)	Within the limits of 1,5-2,0
	EMF (formalin turbidity unit)	Within the limits of 2,6-3,5
<i>Chemical</i>		
The hydrogen index	PH units	Within the limits of 6-9
Stiffness total	mg * eq / l	Within the limits of 7-10
Nitrates (NO_3^-)	ml / l	Not more than 45
Total mineralization (dry residue)	ml / l	Within the limits of 1000-1500
Oxidizing capacity permanganate	ml / l	Within the limits of 5-7
Sulfates (SO_4^{2-})	ml / l	Not more than 500
Chlorides (Cl^-)	ml / l	Not more than 350

Table 1 - The main indicators of water quality

The program strictly specifies the methods allowed for the assessment of water indicators. With the production quality control of the aquatic environment, all research results are recorded and analyzed. Bodies of check have to be notified on results of the carried-out analyses in due time. All points of control on production are coordinated and approved in bodies of state control without fail.

1.2 Methods for measuring the quality of water treatment

The procedure for monitoring water at the manufacturing and industrial enterprises begins with measures to identify and count the quantities of various components and compounds contained in the water used. Thanks to modern techniques of water analysis it is possible with high to identify accuracy substance as

a part of a sample, and also its volume per unit mass. All tests are carried out in the laboratory using special equipment, chemical reagents and preparations.

There are state standards (State standard specifications) in which regulate by what method, what equipment, and what chemical it is necessary to believe. A lot of pollutants in the water can be detected in different ways, on different equipment. Nevertheless, different methods of analysis give a different error, some of the techniques may not take into account various factors that influence the result.

To check the water quality in the main drinking water test center (GICP), the following water analysis methods are used [1]:

- titration;
- fluorometry;
- photometry and flame photometry;
- potentiometry;
- conductometry;
- spectrophotometry;
- turbidimetry;
- nephelometry;
- gas chromatography.

1.2.1 Titrometric method

Titrimetric analysis refers to a quantitative chemical analysis method, based on the exact measurement of the volume of the solution (titrant) reacting with the substance being determined [2].

Titration is the process of gradual addition of a titrant solution to a solution of the analyte. An equivalence point refers to the time when the solution (titrant) was added to the analyzed solution in an amount that is chemically equivalent to the substance being determined. In order to determine this point, it is necessary to add an indicator to the test solution. Once the color of the indicator changes, then the reaction between the detectable substance and the titrant is over.

The titration process will be more accurate when the equivalence point coincides with the end point of the titration. The difference between the equivalence point and the end point of the titration explains the indicator error of titration. When the end point of the titration is reached, the addition of the titrant is stopped. Depending on the spent volume of the titrant and its concentration, the results of the analysis are calculated.

The state of the system, at the moment when the amount of the substance to be determined is equal to the amount of the added titrant, is called the equivalence point, or the theoretical point of the end of the titration. To register an equivalence point, various indicators or instrumental methods are used. A sharp change in the color of the indicator indicates the end of the titration process (critical point), which does not always coincide with the equivalence point.

In order for the titration reaction to proceed successfully, it is necessary to satisfy the following basic requirements:

- 1) the quantitative course of the reaction, i.e. the equilibrium constant of the reaction must be sufficiently large;
- 2) the reaction must be high-speed;
- 3) easy flow of side processes;
- 4) high accuracy of determining the end of the reaction.

The reaction must satisfy all requirements, otherwise, its use in titrimetric analysis is unacceptable.



Figure 1 - Sequential addition of the solution with direct titration

The direct titration method assumes the direct addition of a titrant solution to the test solution of the sample.

In practice, there is another way of mixing reagents. To a solution in which the concentration X is to be found, a solution of a sample of a known amount of substance R is gradually added. This method also applies to direct titration. In these two cases, the result of the analysis is calculated by the same formula, based on the law of equivalents.

$$V_X = V_R,$$

where V_X and V_R are the number of moles of equivalents X and R.

Direct titration is a convenient and most common method, because, in this titration method, volume measurement occurs only once, and, as is known, random errors in most cases arise when measuring the volume of solutions. But direct titration is not always possible. Quite a lot of reactions between X and R proceed slowly, and after the addition of the next portion of the titrant the solution doesn't manage to establish balance. To solve problems of this type, methods of reverse or substitution titration are used.

1.2.2 Potentiometric method

Potentiometry is an electrochemical analytical method based on the excitation of the test solution by an electric field, as well as on measuring the potential of an equilibrium electrode, which is a function of combining a potential-determining substance.

Potentiometric methods of analysis are based on the measurement of electromotive forces (EMF):

$$E = E_1 - E_2 \quad (1),$$

Where:

E - electromotive force (EMF);

E_1, E_2 - electrode potentials of the investigated circuit.

The foundations of potentiometry were laid by V. Nernst, in 1889 a well-known equation was discovered to calculate the equilibrium electrode potentials. Later, the use of potentiometry in analytical chemistry began, and in 1893 the first

potentiometric titration was carried out by the German organic chemist R. Behrend. At present, potentiometry has found wide application in analytical and physical chemistry [3].

Potentiometry measures the potential difference (EMF) of two electrodes, measuring and auxiliary, which are placed in the solution under study. As size EMF depends on temperature therefore the measured instruments (pH meters or ionomers) are provided with a temperature compensator, which can be controlled either manually or automatically [4].



Figure 2 - Schematic diagram of the potentiometric method of analysis

Direct potentiometry consists in determining the ion concentration from the results of measuring the EMF of the electrochemical circuit, which contains the corresponding ion-selective electrode. Similarly, according to the Nernst equation, one can find the activity of the potential-determining ion in the solution under analysis. The method has found wide application for the calculation of thermodynamic constants, as well as for chemical and electrochemical reactions.

Near the point of equivalence (the end of the reaction), there is a jump in the potential of the indicator electrode. The magnitude of the potential jump is determined by the strength of the titrated base or acid solution and the concentration of the solution.

Using the potentiometric titration method, as well as visual detection of the titration end point, it is possible to determine the amount of the tested substance in the solution. Only the method of potentiometric titration has a number of advantages:

- elimination of errors caused by visual observations;
- sensitivity, i.e. with the same accuracy, the possibility of determining a smaller amount of a substance;
- application of titration in turbid and colored solutions;
- sequence, determination of mixtures of substances from one portion of the solution;
- automation of the titration process.

1.2.3 Fluorimetric method

The first description of luminescence as a specific glow solution was in 1577 by the Spanish physician and botanist Nicholas Monardes. However, it was not until 1852 that Stokes established the relationship between fluorescence intensity and concentration. He also suggested using fluorescence for chemical analysis. In 1867, Goppelshreder published the first practical application of the definition of Al (III) Aluminum in the luminescence of its complexes, together with Morin. He also introduced the term "luminescent analysis".

Fluorimetry is the determination of the concentration of a substance from the intensity of fluorescence, which is obtained by irradiating a substance with ultraviolet rays. Luminescent analysis is divided into macroanalysis, when observation occurs with the help of human vision, and a microanalysis, in the observation of which it is necessary to use a microscope [6].

Initially, the transition of matter from the ground state to the excited state occurs due to its absorption of light energy, when irradiated with electromagnetic radiation.

This method is highly sensitive, but a very small range of compounds possesses fluorescent properties: aromatic, heterocyclic and carbonyl compounds.

The dependence of fluorescence intensity on the wavelength or frequency is called the fluorescence emission spectrum.

Fluorimetric analysis is used for qualitative and quantitative analysis. Spectrofluorimeters are used for the quantitative analysis. The principle of this analysis is that light from the mercury-quartz lamp passes through the first light filter and condenser, then it enters the cuvette with the solution of the analyte. The calculation of the concentration of the substance is carried out on a scale for standard samples of the substance at a known concentration [8].

Table 2-Some characteristics of methods for determining petroleum products in waters.

Name of the characteristic	Method		
	Fluorometric	IR spectroscopy	Gas chromatography-graphical
The source of information	[9]	[3]	[8]
Range of measurement, mg / dm ³	0,005-50	0,05-50	0,1-150
Sample volume, cm ³	100	to 2000	1000
Extractor	Hexane	Carbon tetrachloride	Hexane
Composition of the sample for calibration	Oil T-22	Three-component mixture	50% diesel oil + 50% lubricating oil

In creating an analytical signal, only aromatic hydrocarbons are used. Because they have different excitation conditions, as well as detection of fluorescence, due to the wavelength of the exciting light, one can observe a change in the fluorescence spectrum of the extract.

A fluorometer, or a luminometric analyzer, is an instrument by which the concentration of a substance is determined by the level of the luminescence excited in it. This is a rather unusual, but at the same time very reliable method of analysis, so

fluorimetry is currently developing at a rapid pace. In addition, this method is actively used by chemists, biologists and scientists of other specialties.

The application of fluorimetry is reflected in many areas, for example:

- Research of amino acids, amines and products of their metabolism (epinephrine and norepinephrine, choline and acetylcholine, etc.);
- Investigation of proteins;
- Study of vitamins and their metabolites (a very extensive category, which includes vitamins A, B6 and E, ascorbic acid, thiamine, riboflavin, nicotinamide, etc.);
- Investigation of enzymes and steroids;
- Study of medicinal substances;
- Investigation of toxic and toxic substances, etc.

Figure 3 below shows the appearance of the luminometric analyzer used in production.



Figure 3 - Fluoratomer Fluorat-02-Panorama, Russia

Conclusion

The analysis of methods and means of water quality control is given in the work.

A spectrophotometric method for analyzing the quality of purified water has been studied. Methods for controlling the content of various substances in water are given.

The main pollutant of water used for domestic drinking water supply and in production throughout Western Siberia is iron, its concentration in water exceeds the MPC by 3-20 times.

The high content of iron in water causes technological marriages in industry and is the reason for the decrease in the heat transfer capacity of power equipment.

Experimental studies on deironing of water on fibrous sorbents SBS-2 (No. 4m) with a diameter of 100 microns were carried out using the spectrophotometric method of analysis.

It is shown that in the initial period of passing the iron salt solution through the column the residual iron concentration in the filtrate is higher than the threshold concentration in accordance with GOST (0.3 mg / l). This period can be conditionally called the training filter (charging filter).

It is established that in case of non-pressure filtration, a fibrous nozzle with preliminary modification of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ and a filtration area of $19.625 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ is charged after passing through it 4 liters of water with an initial iron concentration of 3.7 mg / l (the water is purified to MPC-0.3 mg / l), and unmodified fiber nozzle is charged after passing 24 liters of water (the water is purified to MPC values of 0.3 mg / l).

Thus, the modification of the surface of the fiber with iron hydroxide makes it possible to reduce the charging time of the filter by a factor of 6. This is consistent with [1], Since the rate of autocatalytic oxidation reaction and subsequent precipitation of Fe^{3+} + hydroxide increases sharply upon contact with iron hydroxide precipitated on the surface of the filter.

The degree of water purification from iron ions after passing 60 column volumes of solution through the sorbent SBS-2 (No. 4m) was 92.43% and through the modified sorbent SBS-2 (No. 4m) was 98.6%. According to the results of the research, the optimum height of the filtering fiber loading layer was determined: 25 cm.

As a result of the research, the efficiency of preliminary charging of the filter - polypropylene fiber with iron hydroxide as a filter in the process of water purification - is revealed and experimentally proved. According to the analysis results, the concentration of iron after the filter with polypropylene fiber is below the MPC (0.3 mg / l).

References

1. Kulsky L.A., Strokach P.P.. Technology of natural water purification // Kiev.: The head publishing house of the publishing association "Vishcha school".- 1981. - 327.
2. Yakovleva O.V., Sitdikova G.F., Yakovlev A.V.. Practical work on physicochemical methods in physiology // Kazan: KGU.-2007. – 64.
3. Kulakov M.V.. Technological measurements and instruments for chemical production// 1983.
4. Abramov N.N.. Water supply. Textbook for high schools. Ed. 2-nd // Moscow: Stroyizdat.- 1974. – 480.
5. Novikov Yu.V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N.. Methods for studying water quality in water bodies // M.: Medicine. - 1990. - T. 48.
6. DMITREVICH I.N., PRUGLO G.F., FEODOROVA O.V., KOMISSARENKOV A.A.. Physicochemical methods of analysis. Part III. Chromatographic methods of analysis: a textbook for students of extramural studies // SPb GTURP. - SPb.- 2014.-53.
7. Shapovalova E.N., Pirogov A.V.. Chromatographic methods of analysis. Methodical manual for a special course.// Moscow State University: Department of Chemistry Moscow.- 2010. - 211.
8. Guskova V.P., Guskova B.П., Sizova L.S.. Chromatographic methods of separation and analysis: Textbook. Allowance// Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University). - 2 nd ed., Rev. and additional. - Kemerovo, 2015. - 158.
10. Kreshkov A.P.. Fundamentals of analytical chemistry. Physico-chemical (instrumental) methods of analysis// Izd. "Chemistry".- 1970.- 472.
11. Satinder Ahuja. Monitoring Water Quality: Pollution Assessment, Analysis, and Remediation 1st Edition // Newnes, 2013-400.

Приложение Б Данные для оценки научно-технического уровня

Таблица Б.1 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэффициента
1. Уровень новизны	0,5
2. Теоретический уровень	0,3
3. Возможность реализации	0,3
4. Масштабы реализации	0,2

Таблица Б.2 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, способ	8-10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия, дополняют ранее полученные результаты	5-7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2-4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица Б.3 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица Б.4 – Баллы возможности реализации

Характеристика возможности реализации	Баллы
Результаты могут найти применение во многих научных направлениях	10
Результаты будут использованы при разработке новых технических решений	8
Результаты будут использованы при последующих НИР и разработках	5

Таблица Б.5 – Баллы масштаба реализации

Характеристика масштаба реализации	Время реализации	Баллы
Национальная экономика	до 3 лет	10
	до 5 лет	8
	до 10 лет	6
	свыше 10 лет	4
Отрасль	до 3 лет	8
	до 5 лет	7
	до 10 лет	5
	свыше 10 лет	3
Отдельные фирмы и предприятия	до 3 лет	4
	до 5 лет	3
	до 10 лет	2
	свыше 10 лет	1

Таблица Б.6 – Оценка уровня научно-технического уровня

Уровень НТУ	Показатель НТУ
Низкий	1 - 4
Средний	4 - 7
Сравнительно высокий	7 - 10
Высокий	10 - 13